



Food & Bio Cluster
Denmark

Енергія з соломи

Технології, стратегії та
інновації у Данії

ДРУГЕ ВИДАННЯ



Цей проєкт отримав фінансування від
Програми досліджень та інновацій ЄС Горизонт
2020 згідно Грантової Угоди № 818369

AgroBioHeat

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

**Food & Bio Cluster
Denmark -
національний кластер
продуктів харчування
та біоресурсів Данії.**



Про Food & Bio Cluster Denmark

Це колективна платформа для інновацій та розвитку в рамках кластеру, доступна як для данських, так і для міжнародних компаній і наукових організацій. Вона сприяє активному співробітництву між дослідниками та бізнесом, надає членам кластеру зручний доступ до мереж організацій, фінансування, розвитку бізнесу, проєктів та обладнання. Пропонує різноманітні консультаційні послуги щодо інноваційних

процесів, написання заявок на фінансування, організації тематичних екскурсій та ділових поїздок, написання звітів різної тематики в рамках сфери своєї компетенції та багато іншого.

Додаткову інформацію можна знайти на сайті www.foodbiocluster.dk.



Food & Bio Cluster
Denmark



Цей проєкт отримав фінансування від
Програми досліджень та інновацій ЄС Горизонт
2020 згідно Грантової Угоди № 818369

Публікація

Дана публікація, підготовлена Food & Bio Cluster Denmark, є оновленим виданням брошури «Енергія з соломи – стан розвитку, технології та інновації у Данії 2011». Оновлення виконано в рамках проєкту AgroBioHeat, який отримав фінансування від Програми досліджень та інновацій ЄС Горизонт 2020 згідно Грантової Угоди № 818369. Цей документ відображає лише погляди авторів. Виконавче агентство інновацій і мереж (INEA) не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься у цьому документі.

Метою проєкту AgroBioHeat є сприяння широкому впровадженню сучасних ринково-орієнтованих рішень для виробництва теплової енергії з агробіомаси в Європі. Агробіомаса має значний ресурс, який недостатньо використовується. Його використання сприятиме досягненню європейських енергетичних та кліматичних цілей, а також розвитку сільських територій та економіки замкнутого циклу.

Більше інформації про проєкт можна знайти на сайті
www.agrobioheat.eu.

Переклад на українську мову виконано Біоенергетичною асоціацією України.



НАЗВА

Енергія з соломи
(2-е видання)

СВІТЛИНА НА ОБКЛАДИНЦІ

Flemming Nielsen/
Story2Media ApS

ОПУБЛІКОВАНО

Food & Bio Cluster Denmark
Agro Food Park 13
8200 Aarhus N
Denmark

Переклад на українську мову
виконано Біоенергетичною
асоціацією України.

ДИЗАЙН & МАКЕТ

Графічний дизайнер
Trine Elmstrøm
www.danskdesignrum.dk

Marie Poulsen
Food & Bio Cluster Denmark

СВІТЛИНИ

Torben Skøtt/Biopress, Jørgen
Hinge/Danish Technological
Institute, Cormall A/S, Linka
Energy, Kirsten Krogh, Adam
Weller, Staramaki, Flemming
Nielsen/Story2Media and Food
& Bio Cluster Denmark

АВТОРИ

Torben Skøtt/BioPress,
Jørgen Hinge/ Данський
технологічний інститут та
Louise Krogh Johnson/ Food &
Bio Cluster Denmark

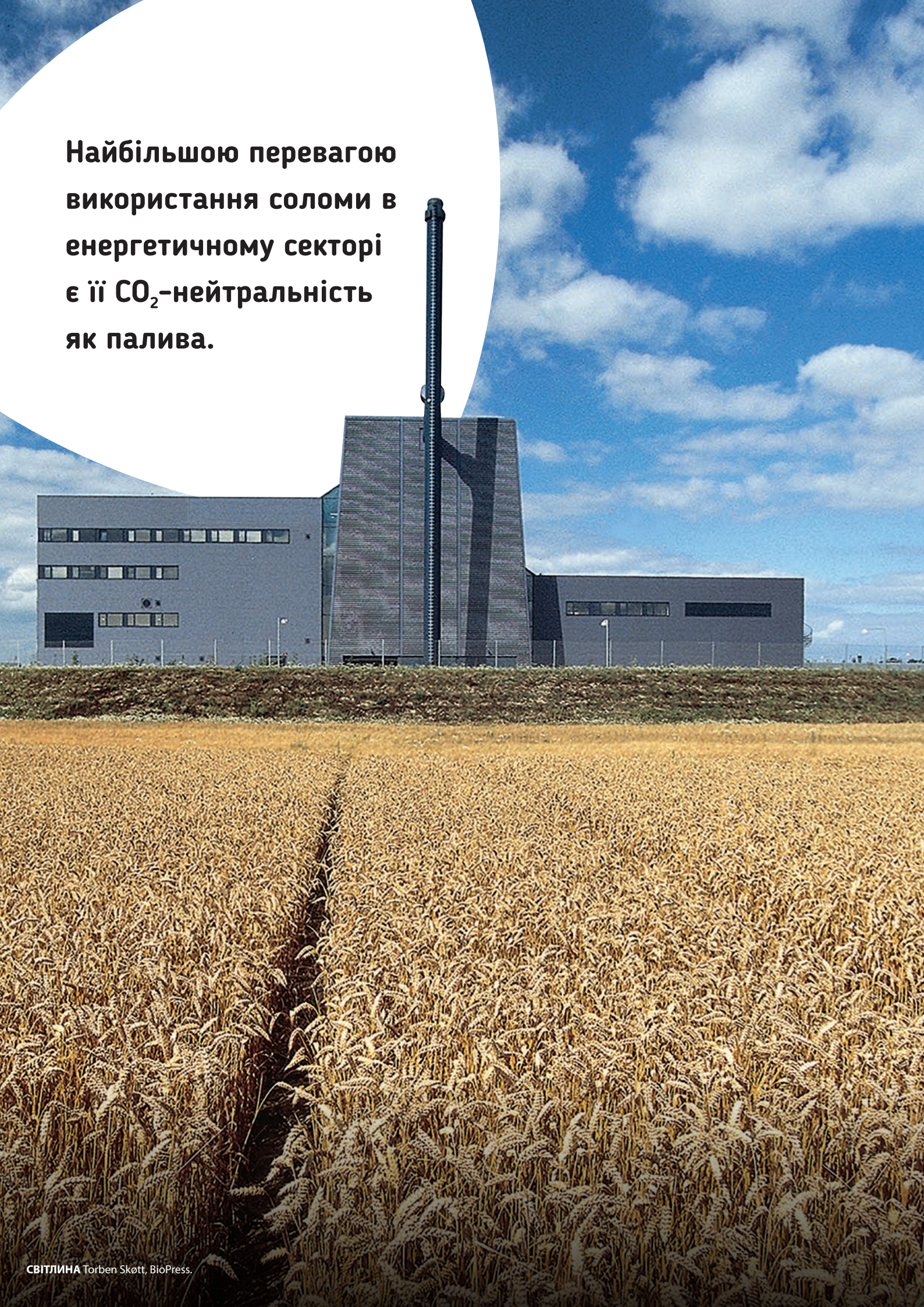
РЕЦЕНЗЕНТИ

Manolis Karampinis/Centre for
Research & Technology Hellas
(CERTH), Греція та Gunnar Hald
Mikkelsen/ Food & Bio Cluster
Denmark

Зміст

Колофон	4	Теплопостачання найближчих споживачів	29
Солома як джерело енергії	7	Централізоване теплопостачання	30
Енергетична політика як важливий інструмент	8	Поводження з соломкою на станціях централізованого теплопостачання	31
Реорганізація енергетичної системи	9	Конструкція котла	32
Міжнародні угоди щодо пом'якшення наслідків зміни клімату	9	Цілі тюки чи подрібнена солома?	32
Національні цілі	11	Екологічні аспекти	33
Незалежність від викопних палив	11	Солома для централізованих станцій комбінованого виробництва теплової та електричної енергії	35
Солома як паливо	12	Поводження з соломкою на станції	35
Ресурси соломи	12	Спалювання на колосниковій решітці	36
Європа	15	Пилове спалювання	36
Урожайність залежить від сорту культури	15	Спалювання у циркулюючому киплячому шарі	36
Поводження з соломкою	15	Сумісне спалювання	37
Згрібання	16	Виклики	38
Тюкування	16	Інші напрямки використання соломи	39
Гранули, брикети та солома-січка	17	Газифікація	39
Завантаження та розвантаження з вантажівок	17	Біоетанол з соломи	40
Перевезення по полю	18	Технологія виробництва біоетанолу Inbicon	40
Децентралізоване зберігання	18	Технологія виробництва біоетанолу BioGasol	41
Автомобільне перевезення	19	Солома в біогазових установках	42
Розвантаження на станції	19	Механічна попередня обробка	43
Питання охорони здоров'я та безпеки праці	19	Підстилка, компостування та силосування	43
Питання сталості спалювання соломи	21	Інші методи попередньої обробки	43
Вплив від вилучення соломи	21	Топковий мазут з соломи	43
Застосування золи від спалювання соломи	22	Будівельні матеріали з соломи	43
Застосування біовугілля та біодобрив	23	Ріст «зеленої» економіки з використанням соломи у майбутньому	45
Соломоспалювальні котли малої потужності	24	Перелік компаній, що мають досвід в питаннях використання соломи	46
Ефективність спалювання і оточуюче середовище	26		
Потужність котла	27		
Бак-акумулятор	27		

**Найбільшою перевагою
використання соломи в
енергетичному секторі
є її CO₂-нейтральність
як палива.**



Солома як джерело енергії

Солома може бути потужним джерелом відновлюваної енергії, про що свідчить приклад Данії.

Використання соломи для виробництва енергії суттєво зросло в Данії з 1980-х років, на сьогодні доступний надлишок соломи складає більше 2 млн т/рік, який навіть може бути більшим при використанні відповідних сортів. Останніми роками екологічні організації та деякі інші фахівці ставлять під питання збільшення використання біомаси для енергетичних потреб. Однак, коли мова йде про солому та інші залишки і побічні продукти, наявні у великих обсягах, їх застосування в енергетичному секторі безперечно має сенс.

Найбільшою перевагою використання соломи в енергетичному секторі є її CO₂-нейтральність як палива, завдяки чому в атмосфері не збільшується обсяг парникових газів. Ще кілька десятиріч тому фермери вважали солому проблематичним відходом при виробництві зерна і намагалися якомога скоріше її позбутися. Солома, що не використовувалася як підстилка або корм для худоби, зазвичай спалювалася безпосередньо на полі. Однак, у 1991 році спалювання соломи на полі було заборонено, і фокус уваги перемістився на її енергетичне використання.

Завдяки реалізації цілеспрямованої стратегії і розвитку технологій Данія стала світовим лідером з виробництва енергії з соломи. Частка соломи складає більше 2% у загальному виробництві енергії і близько 10% – у виробництві відновлюваної енергії в Данії. Наразі солома, головним чином, використовується як паливо в індивідуальних фермерських установках, станціях централізованого теплопостачання і на великих електростанціях та ТЕЦ. У майбутньому, по мірі розвитку та удешевлення відповідних технологій, солома також може застосовуватися для виробництва рідких біопалив, відновлюваних газів, а також різноманітних біоматеріалів і продуктів.

Дана брошура сфокусована на секторі виробництва енергії з соломи в Данії, що є унікальною особливістю цієї країни. Слід зазначити, що існують приклади енергетичного використання соломи і поза Данією, в яких часто (але не завжди) застосовуються данські технології. Більше інформації про конкретні приклади можна знайти в Обсерваторії проєктів опалення агробіомасою проєкту AgroBioHeat (www.agro-biomass-observatory.eu).

Енергетична політика як важливий інструмент

Солома не зайняла б свого поточного місця в паливно-енергетичному балансі Данії, якби не політична воля залучити до енергетичного сектору цей ресурс, що недостатньо використовувався.

Сьогодні майже всі партії в парламенті Данії погоджуються з тим, що країна має стати незалежною від викопних палив до 2050 року.

Протягом десятиріч уряд Данії заохочував використання відновлюваних джерел енергії. У 1976 р. було прийнято першу енергетичну програму «Енергетична політика Данії 1976», після чого країна стала відомою своєю активною енергетичною політикою, спрямованою на ефективне використання енергії, енергозбереження та сталість. Сьогодні майже всі партії в парламенті Данії погоджуються з тим, що країна має стати незалежною від викопних палив до 2050 року.



З 1993 р. від потужних електростанцій вимагалось споживати 1,4 млн т біомаси на рік, у тому числі принаймні 1 млн т соломи. **СВІТЛИНА** Torben Skøtt, BioPress.



З 1980-х років в Данії відбувається процес децентралізації виробництва енергії, і зараз багато невеликих станцій виробляють електроенергію і теплову енергію для централізованого теплопостачання. **СВІТЛИНА** Kirsten Krogh.

Реорганізація енергетичної системи

Енергетична система Данії, майже повністю орієнтована на імпортовані нафту та вугілля у 1970-х роках, сьогодні характеризується значною диверсифікацією енергоресурсів. Відбувався постійний ріст обсягів використання відновлюваних джерел енергії, у тому числі енергії вітру, відходів, біогазу і соломи. Заходи, що забезпечили цей процес, включали підвищені ціни на енергію, політичні угоди щодо підтримки певних сталих видів енергоресурсів, а також податкові пільги для біомаси. Особливо завдяки останньому, велика кількість домогосподарств, ферм і станцій централізованого теплопостачання протягом 1980-х років перейшли з нафтопродуктів на біомасу.

У 1993 р. парламентська більшість узгодила План дій по біомасі, який вимагав від центральних електростанцій споживати 1,4 млн т біомаси на рік, у тому числі 1 млн т соломи. Передбачалося досягти поставлену ціль у 2000 р., але угода кілька разів переглядалася, і тільки у 2009 р. прийняла свій кінцевий вигляд із запуском нової електростанції зі споживанням 170 тис. т соломи на рік на данському острові Фюн.

З 1980-х років в Данії відбувається процес децентралізації виробництва енергії. Електроенергія генерується по всій території країни, а не лише кількома потужними електростанціями. Централізоване теплопостачання за рахунок скидної теплоти допомагає Данії бути однією з найбільш енергоефективних країн світу. Країні вдається утримувати енергоспоживання майже на постійному рівні при рості економіки на 80% з 1980 р.

У 1990 р. парламент Данії прийняв Закон «Про теплопостачання», який надав Міністерству енергетики широкі повноваження контролю вибору палива для станцій централізованого теплопостачання і децентралізованих ТЕЦ. В результаті велика кількість станцій централізованого теплопостачання на вугіллі та природному газі були переобладнані у ТЕЦ, а ряд невеликих станцій ЦТ перейшли на використання біопалива.

Міжнародні угоди щодо пом'якшення наслідків зміни клімату

Ще кілька десятиріч тому енергетична політика вважалася національною справою, але сьогодні, значною мірою, це питання міжнародного рівня, що задає тон енергетичній політиці Данії. Розвиток глобальних енергетичних ринків, лібералізація енергетичного сектору, зобов'язання в рамках Кіотського протоколу та Паризької угоди – все це справляло і продовжує справляти значний вплив на енергетичний сектор Данії.

Данія – одна з небагатьох країн, які ратифікували статтю 3.4 Кіотського протоколу. Це означає, що зміни вмісту вуглецю у ґрунті мають бути включені до кліматичних впливів. Цей аспект є важливим для біоенергетики, зокрема, для використання соломи, оскільки її вилучення з поля призводить до зменшення вмісту вуглецю у ґрунті, тоді як вирощування багаторічних енергетичних культур, таких як



**Національна ціль Данії у
боротьбі зі зміною клімату –
скоротити емісію парникових
газів на 70% у 2030 р.
порівняно з рівнем
1990 р.**

верба, – до збільшення вмісту вуглецю у ґрунті. Проте негативний вплив від вилучення соломи з поля на вуглець у ґрунті може бути компенсований вирощуванням озимих культур. Крім того, досягнуте завдяки виробництву енергії з соломи скорочення викидів CO₂ є набагато значнішим, ніж негативний вплив від зменшення вмісту вуглецю у ґрунті.

У 2016 р. Данія ратифікувала Паризьку угоду і зобов'язалася працювати над утриманням росту глобальної температури на Землі в межах 2°C, докладаючи значні зусилля до скорочення цієї межі до 1,5°C порівняно з доіндустріальним періодом. Внесок Данії у виконання цілей Угоди обговорюється через ЄС.

Національні цілі

На національному рівні парламент Данії у 2019 р. прийняв новий кліматичний закон, який ставить за мету скоротити викиди парникових газів на 70% до 2030 р., що є однією з найамбітніших цілей у світі. Використання соломи або біомаси не згадується окремо у законі в контексті досягнення поставленої цілі.

В законі сказано про необхідність скорочення емісії парникових газів у сільському господарстві. З одного боку, розумне використання соломи та інших рослинних залишків якраз і може бути одним із шляхів для зменшення загального вуглецевого сліду сільськогосподарського виробництва. З іншого боку, експерти і представники екологічних організацій все більше наголошують на тому, що у довгостроковій перспективі біомаса має застосовуватися для виробництва продуктів з високою доданою вартістю, а не енергії.

Незалежність від викопних палив

У вересні 2010 року данська Комісія з питань клімату опублікувала звіт, який показує, що країна може стати незалежною від викопних палив до 2050 р. і що це можливо зробити без негативного впливу на економіку.

Згідно даних данської Комісії з питань клімату, головними елементами «зеленої» енергетичної системи будуть:

- Енергозбереження
- Офшорні вітрові турбіни у такій кількості, що вироблена ними електроенергія складе основу майбутньої енергетичної системи
- Біомаса, що відіграватиме важливу роль у транспортному секторі, а також у виробництві теплової енергії і електроенергії при нестачі генерації від вітрових турбін
- Централізоване тепlopостачання і теплові насоси для домівок
- Електроенергія і біопалива у транспортному секторі
- Розумне використання електроенергії, коли обсяги споживання, краще ніж сьогодні, відповідають обсягам виробництва

Дослідження, проведене данською Комісією з питань клімату, показує, що повний перехід до «зеленої» енергетичної системи коштуватиме близько 0,5% ВВП. При цьому, якщо продовжити поточний рівень споживання вугілля, нафти та газу, то витрати будуть приблизно такими ж. Це пояснюється тим, що поточна енергетична система стане дорожчою через дорожчі викопні палива та квоти на викиди CO₂. Отже, є сенс інвестувати в нові технології заради досягнення енергетичної незалежності завдяки використанню відновлюваних джерел енергії.



Солома як паливо

Солома зазвичай містить 14-20% води, яка випаровується при згорянні. Суха речовина складається з приблизно 50% вуглецю, 6% водню, 42% кисню, а також невеликих кількостей азоту, сірки, кремнію, лужних металів, хлору та ін.

Коли солома використовується як паливо, її вологість не повинна перевищувати 20%. Якщо вологість буде вищою, то існує ризик того, що тюки соломи стануть занадто твердими і спресованими. Так само висока вологість збільшує ризик конденсації та корозії.

Наявність хлору та лугу в димових газах призводить до утворення хлориду натрію та хлористого калію, які є дуже агресивними та викликають корозію в котлах та трубах, особливо при високих температурах. Метою є використання соломи з низьким вмістом шкідливих речовин, і тут погода відіграє значну роль. Солома, яка була піддана впливу великої кількості дощів після дозрівання рослини, особливо після збору врожаю і стала сірою (внаслідок дії атмосферних явищ), набагато менш агресивна, ніж жовта солома, яка була під впливом обмеженої кількості дощів.

Вміст золи може коливатися в межах 2-10%, в середньому 4-5%. Солома культур, вирощених на піщаному ґрунті, зазвичай має найменший вміст золи, тоді як солома з низинних ґрунтів зазвичай має найбільший вміст золи. Теплотворна здатність є найвищою при найнижчій зольності, тому використання соломи з піщаного ґрунту для потреб опалення може бути перевагою.

Сіра солома є набагато менш корозійною в котлі, ніж жовта солома.

Зола від спалювання соломи може стати в'язкою вже при 600 градусах, і це важливо для електростанцій, де передбачена висока температура пари, щоб отримати високу ефективність виробництва електроенергії. Нові типи котлів та кращі сплави сталі з часом зменшили проблему, але солома все ще вважається важчим паливом для електростанцій у порівнянні з деревиною.

Ресурси соломи

Існують певні сумніви щодо наявності та майбутньої доступності соломи для виробництва енергії. Сільське господарство не тільки постачає сировину до енергетичного сектору, але також має виробляти продукти харчування та корми та приділяти увагу охороні природи, збереженню біорозмаїття, вимиванню поживних речовин та змінам запасу вуглецю в ґрунті. Якщо фермер вирішить заорювати соломі в ґрунт, це збільшить вміст вуглецю в ґрунті, що впливає на кліматичний баланс, як зазначено на попередній сторінці.

За останні роки було проведено низку аналізів щодо наявних ресурсів соломи в Данії, а також в інших країнах. Незважаючи на те, що в окремих дослідженнях можуть бути суттєві відмінності, існує загальна думка, що ресурси значно більші, ніж поточне споживання.

Однак поводження з соломою та її транспортування можуть бути дуже дорогими, тому, незважаючи на те, що ресурсів достатньо, економічні показники можуть не стимулювати до використання соломи. В той



	Жовта солома	Сіра солома	Деревна тріска	Кам'яне вугілля
Вологість	10-20%	10-20%	40-50%	12%
Зола	4%	3%	1%	12%
Вуглець	42%	43%	50%	59%
Водень	5%	5%	6%	4%
Кисень	37%	38%	38%	7%
Хлор	0,75%	0,20%	0,02%	0,08%
Азот	0,35%	0,41%	0,30%	1,00%
Сірка	0,16%	0,13%	0,05%	0,80%
Теплотворна здатність	14,4 МДж/кг	15,0 МДж/кг	10,4 МДж/кг	25,0 МДж/кг

ТАБЛИЦЯ 1

Параметри, важливі для визначення енергетичної цінності соломи, тріски та кам'яного вугілля. Жовту солому збирають відразу після збору урожаю, в той час як сіру солому піддають впливу дощу перед збором.

час як енергетична деревина на сьогоднішній день є міжнародним товаром, торгівля соломою в основному все ще відбувається на місцевому рівні. В принципі, ніщо не заважає продавати гранули з соломи за кордон, але у великих масштабах цього не відбувається.

У Данії загальне виробництво соломи у середньому становило близько 5,5 млн т на рік у 2013-2019 рр. З них 3,4 млн т було використано у сільському господарстві та для енергетичних цілей. В результаті щорічний надлишок соломи становить близько 2,1 млн т. Однак 2018 рік вирізняється виробництвом лише близько 4 млн т соломи через сильну посуху того року, що свідчить про те, що зміна клімату може вплинути на безпеку постачання.

Питання, однак, полягає в тому, наскільки точно оцінюється надлишок соломи, і наскільки надлишок може варіюватися від року до року. Чим більше соломи потрібно для виробництва енергії, тим важливішими

стають вірні прогнози для забезпечення надійності постачання.

Обсяг споживання соломи на корм та підстилку може різнитися з року в рік, проте протягом тривалого періоду великих коливань не відбувалось. Збільшення тенденції до того, щоб залишати солому на полях, може зменшити постачання соломи для енергетичних цілей, особливо, якщо ініціативи щодо подальшого заорювання соломи в ґрунт відбуваються на політичному рівні.

Площа, відведена під зернові культури, виявилася відносно постійною, хоча з року в рік можуть бути значні коливання врожаю. Ці коливання та погодні явища, які неможливо передбачити, мають найбільший вплив на забезпечення надійного постачання соломи.

Виробництво соломи, млн т

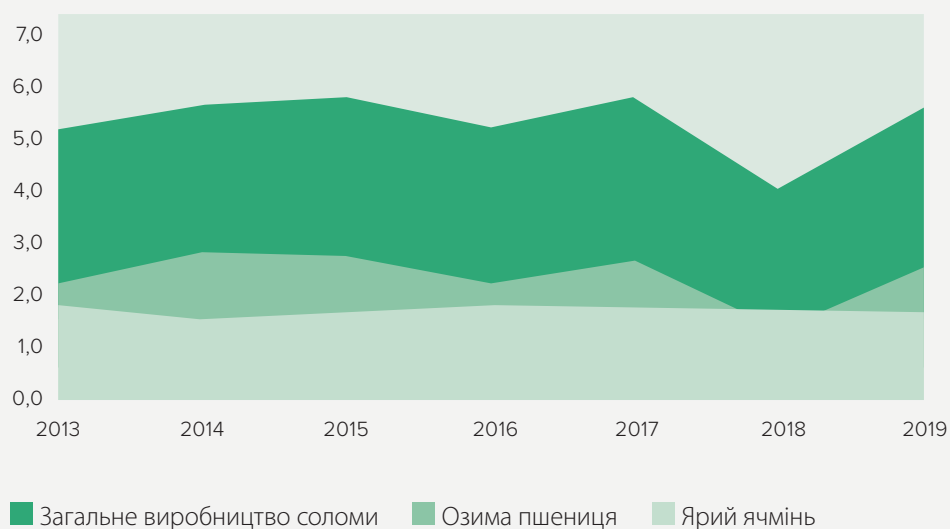


РИСУНОК 1

Обсяг виробництва соломи в Данії: загалом та для вибраних культур. Навіть незначна зміна пропорцій між зерновими культурами призводить до значних змін у виробництві соломи. Щоразу, коли кількість соломи пшениці змінюється на 1 кг на 100 кг зерна, загальне виробництво соломи пшениці в Данії змінюється на 47 тис. т. Джерело: Статистика Данії.



Європа

На європейському рівні Helin та ін. оцінили річну кількість соломи, яку можна вилучити з поля, в 33,4 млн т (сух. маси), причому Франція та Німеччина мають на сьогоднішній день найбільші показники. У таблиці 2 також включені Україна та Балканські країни. Однак, це, здається, досить консервативна оцінка, прикладом якої є той факт, що річний надлишок соломи у Данії у “звичайному році” становить 2,1 млн т порівняно з 1,4 млн т за оцінками Helin та ін.

Країна	Потенціал вилучення соломи з полів (тис. т)
Франція	5474
Україна	5774
Німеччина	5320
Італія	1142
Угорщина	1356
Румунія	1032
Польща	2252
Іспанія	1770
Об'єднане Королівство	2477
Сербія та Чорногорія	413
Чеська Республіка	1480
Данія	1409
Болгарія	641
Австрія	331
Греція	303
Словаччина	496
Швеція	478
Хорватія	101
Литва	452
Фінляндія	402
Бельгія	83
Боснія і Герцеговина	0
Латвія	157
Португалія	0
Естонія	75
Словенія	0
Нідерланди	0
Албанія	0
Люксембург	5
Кіпр	0
Ірландія	0
Мальта	0
Всього	33423

ТАБЛИЦЯ 2

Щорічна кількість соломи, яка може бути вилучена з поля для ЄС-27, України та Балканських країн (Helin та ін.)



Співвідношення соломи та зерна залежить від сорту. Якщо буде більше вирощуватися озимої пшениці, то можна збільшити загальну кількість соломи на 800 тис. т на рік.

СВІТЛИНА Jørgen Hinge/Данський технологічний інститут.

Урожайність залежить від сорту культури

Польові вимірювання для озимої пшениці урожаю 2008 року показали, що взаємозв'язок між відношенням кількості соломи та зерна в основному залежить від сорту культури. Для десяти різних сортів озимої пшениці було отримано діапазон 35-53 кг соломи на 100 кг зерна, тому вибір сорту пшениці може бути одним із вирішальних факторів для отримання більшого надлишку соломи. Крім того, випробування добрив показали, що частка соломи в озимій пшениці зменшується зі збільшенням кількості внесених добрив, проте оскільки кількість добрив встановлюється офіційними нормами, на практиці це не матиме великого значення.

Оскільки кількість соломи озимої пшениці, як уже згадувалося раніше, може коливатися від 35 до 53 кг на 100 кг зерна, теоретично можна буде змінити загальну кількість соломи на 800 тис. т на рік. На практиці вирощують багато різних сортів зернових культур, і цифри ілюструють потенціал збільшення загальної кількості зерна шляхом вибору видів з високим виходом соломи.

Поводження з соломою

Для забезпечення крупномасштабних поставок соломи належної якості за розумними цінами поводження із соломою повинно здійснюватися якомога ефективніше. Виробники та покупці соломи все ще працюють над оптимізацією різних елементів ланцюжків поставок та ефективною організацією транспортування та зберігання. Хоча більшість поставок все ще здійснюється у формі великих тюків, зусилля з оптимізації, наприклад, призвели до ширшого використання середньо-великих тюків, оскільки вони забезпечують ефективніше перевезення автомобільним транспортом.

Поводження з соломою перетворилося на самостійний напрямок в сільському господарстві, з потужною технікою, яка використовується переважно великими фермами та сільськогосподарськими підприємствами. Починаючи з 1980-х років, коли великі прес-підбирачі вийшли на ринок, сільськогосподарські виробники інвестували значні



Згрібання та пресування соломи в полі.
СВІТЛИНА Jørgen Hinge/Данський технологічний інститут.

Після збору врожаю зернових солома залишається у валках на полі, після чого до неї застосовуються наступні технологічні операції в залежності від погодних умов та інших факторів:

- Згрібання
- Тюкування
- Переробка у гранули, брикети та солому-січку
- Навантаження та розвантаження з вантажівок
- Перевезення по полю
- Децентралізоване зберігання
- Навантаження на автомобільний транспорт
- Перевезення автомобільними дорогами
- Розвантаження на станції
- Реєстрація ваги та вологості
- Зберігання на проміжному складі (на станції)

суми в прес-підбирачі, граблі, фронтальні навантажувачі, транспортне обладнання та складські приміщення, щоб мати можливість постачати солому для енергетичного сектору.

Згрібання

Якщо погодні умови під час збирання врожаю хороші, солому можна тюкувати відразу після того, як комбайн сформував валки в полі. Якщо солома занадто волога (типова середня вологість вище 15%), їй потрібно дати час висохнути у валку перед тюкуванням. Якщо пройде великий дощ, то, можливо, доведеться застосувати граблі ще раз. Сучасні граблі призначені для того, щоб або розподілити солому у валку по всій ширині граблів (для сушіння на повітрі), або збирати/перевертати солому в валках.

Тюкування

На сьогоднішній день електростанції та станції централізованого тепlopостачання майже всі використовують великі тюки або

Тип тюка	Розміри Д x Ш x В (см)	Вага (кг)	Щільність (кг/м³)
Маленькі тюки	70-90 x 46 x 36	12-15	90-100
Круглі тюки	120 x 170*	220-270	100-120
Круглі тюки	200-240 x 80 x 80	200-250	110-150
Середньо-великі тюки	230-250 x 120 x 90	450-650	160-230
Великі тюки	230-250 x 120 x 130	450-650	140-170

ТАБЛИЦЯ 3

Властивості тюків соломи. * ширина x діаметр.

середньо-великі тюки. Маленькі тюки вже рідко використовують для виробництва енергії (можливо, для дуже маленьких та старих фермерських установок), а рулони використовуються лише для сільськогосподарських установок, спеціально призначених для цього.

Протягом багатьох років було багато спроб збільшити вагу великих тюків, і зусилля у цьому напрямку все ще прикладаються. Обладнання ланцюжка постачання повинно бути відповідно змінено, і з навантажувачами, які тепер здатні здійснювати вантажні операції із тюками вагою близько тонни, відкривається дорога для важчих тюків.

Іншим способом підвищення ефективності в ланцюжках постачання соломи є те, що все більше станцій тепер можуть отримувати тюки середньо-великого розміру як доповнення до «традиційних» великих тюків. Основною перевагою є зменшення витрат на автомобільний транспорт, так як вантажівки можуть перевозити три шари середньо-великих тюків замість двох шарів великих тюків. Оскільки середньо-великі тюки можуть вироблятися майже з такою ж вагою, як і великі тюки, то можна транспортувати майже на 50% більше соломи на вантажівці, тим самим значно зменшуючи витрати.

Гранули, брикети та солома-січка

Тюкування соломи є найдорожчою складовою в ланцюжку постачання соломи. То чи цікаво було б замість цього виробляти гранули або брикети з соломи або навіть просто подрібнити солому і доставляти її у такому вигляді без пресування та гранулювання?

Гранулюючи або брикетуючи солому, можна зробити подальшу доставку соломи ефективнішою та в більшості випадків дешевшою. Це пов'язано з тим, що гранули/брикети з соломи мають вищу щільність, а, отже, транспортування буде дешевшим. Крім того, розвантаження та переміщення гранул на станції можуть бути ефективнішими, оскільки гранули можна переміщувати пневмотранспортом по трубах, крани для вивантаження та переміщення тюків на вході та виході проміжного складу не потрібні. Однак для виробництва гранул вам все одно доведеться тюкувати солому та транспортувати її до гранулятора, тому загальні витрати будуть вищими, ніж для ланцюжків постачання середньо-великих та великих тюків, хіба тільки:

- Відстань транспортування дуже велика, що робить вигідним морське перевезення гранул, або
- Обладнання для безпосереднього гранулювання на полі буде удосконалено, в результаті чого стадія тюкування стане непотрібною (таке обладнання існує, але не є економічно вигідним)



Брикети з соломи. СВІТЛИНА Food & Bio Cluster Denmark.

На початку тисячоліття гранули з соломи широко використовувались на електростанції Amager в Копенгагені. Гранули вироблялись лише за 50 км на південь від Копенгагена на заводі Køge Bio Pellet та транспортувались до станції водним транспортом, щоб уникнути транспортування тюків соломи вантажними автомобілями через Копенгаген. Зараз станція Amager використовує деревні гранули замість гранул з соломи.

Доведено, що брикетування соломи при високому тиску має позитивний ефект, а саме збільшує доступність органічної речовини соломи для анаеробного зброджування в біогазових установках. Це дійсно надає переваги даному способу обробки, якщо солома призначена для виробництва біогазу.

На початку 90-х рр. проводились експерименти з соломою-січкою, яку зберігали в скиртах на полях, щоб зменшити витрати на її обробку. Перші дослідження виявили, що ціну можна знизити на 50%, але було занадто багато практичних проблем, і цей напрямок був зупинений в середині 1990-х.



Вивантаження одночасно двох тюків соломи телескопічним навантажувачем зменшує об'єм роботи. СВІТЛИНА Torben Skøtt, BioPress

Завантаження та розвантаження з вантажівок

При завантаженні соломи використовуються фронтальний навантажувач, екскаватор, ковшовий, телескопічний або міні-навантажувач. В принципі, великої різниці між першими трьома типами немає, вони всі базуються на фронтальній системі завантаження.

З іншого боку, телескопічні навантажувачі мають більшу вантажопідйомність і можуть піднімати тюки соломи вище, завдяки чому зменшуються витрати на зберігання. Тому телескопічні навантажувачі набувають дедалі більшого поширення. Міні-навантажувач не настільки поширений, але він дуже маневрений і може використовуватися в місцях з обмеженим простором.

Як видно на рисунку 2, найбільший об'єм робіт має місце при використанні фронтального навантажувача, а найменший – при використанні ковшового та телескопічного навантажувачів, оскільки вони завжди можуть навантажувати два тюки одночасно. У перерахунку на тонни виявляється, що існує різниця у 2,5 хвилини на тонну між завантаженням ковшовим та фронтальним навантажувачами. Незважаючи на те, що ця цифра видається не дуже великою, при завантаженні 1 млн т (доставка соломи за рік на електростанцію) це призводить до додаткових затрат праці, які складають близько 41 тис. годин. На великих станціях тюки зазвичай розвантажуються рухомим краном; докладніше про це у наступному розділі.

Перевезення по полю

Перевезення по полю здійснюється за допомогою трактора з причепом до складу на краю поля або до іншого децентралізованого складу (наприклад, на фермі), а також іноді для перевезення палива до станції, якщо відстань до неї невелика (як правило, менше 10 км). Якщо станція має можливість приймати соломку на її проміжний склад, тюки можна завантажувати на вантажівку/причіп для їх перевезення безпосередньо на станцію.

Децентралізоване зберігання

Загалом ємність проміжного складу на станції становить всього декілька днів, тому переважна більшість об'єму річного споживання соломи повинна зберігатися на децентралізованих складах. Існують різні способи зберігання: деякі з них досить дешеві, а інші – досить дорогі. Однак ціна за тону соломи, що зберігається, досить добре відображає якість соломи: на дешевих складах може бути велика кількість зіпсованих тюків.

Крите зберігання на складах зі стінами та бетонною підлогою забезпечує високу якість соломи, але такий вид зберігання є найдорожчим, принаймні, якщо для цього потрібно будувати нові приміщення. Однак, якщо можна використовувати старі будівлі, це може бути оптимальним рішенням для постачання високоякісних тюків соломи. Склади без стін також широко використовуються, оскільки атмосферний вплив на бокові частини тюків в нормальних погодних умовах зазвичай суттєво не впливає на їх якість.

Обгортання тюків соломи для зберігання стає все більш поширеним. Це дешевше, ніж створення постійних приміщень (новий склад), а також більш гнучке рішення. Ви можете зберігати загорнуті тюки як на полі, де вироблялася соломка (менше транспортування по полю), так і поруч із головною дорогою, що полегшує завантаження на автомобільний транспорт. Якщо тюки будуть забиратися протягом декількох місяців після збору врожаю, поле може бути готовим до наступного посіву у відповідний період. Однією з основних причин ширшого впровадження обгортання тюків для зберігання є розробка ефективнішого обладнання за останнє десятиліття. Перші пакувальні машини складали два великі тюки один на одного, зараз стандартним є обладнання для штабелів до 12 тюків. На думку досвідчених практиків, є декілька речей, про які слід пам'ятати щодо зберігання обгорнутих тюків. Якщо ви облаштуєте склад в нижній частині поля, існує значний ризик проникнення вологи в обгортку знизу, тому такий склад доцільно організовувати на підвищеній частині поля. Крім того, іноді вологи в соломі може спричинити конденсація на плівці, в результаті чого верхні тюки стануть вологішими.

Відкрите зберігання все ще використовується деякими постачальниками соломи. Хтось покриває штабелі плівкою, а зверху вкладає шар тюків поверх неї, інші просто залишають штабелі повністю відкритими. Очевидно, що це найдешевший спосіб зберігання великої кількості соломи. Однак, вибираючи цей варіант, слід враховувати, що частину тюків не можна буде продати на котельню або ТЕЦ, оскільки їх якість буде занадто низька після такого зберігання. Верхній шар, швидше за все, буде зруйнований, а часто і нижній шар, оскільки він поглинає вологу з ґрунту. Можливим рішенням є використання даних тюків для виробництва біогазу. У іншому випадку подрібнення зіпсованого тюка, розкидання соломи по полю та заорювання її в ґрунт можуть виявитись досить дорогими заходами.

Витрата часу на вантажні операції з соломкою, хв./тюк

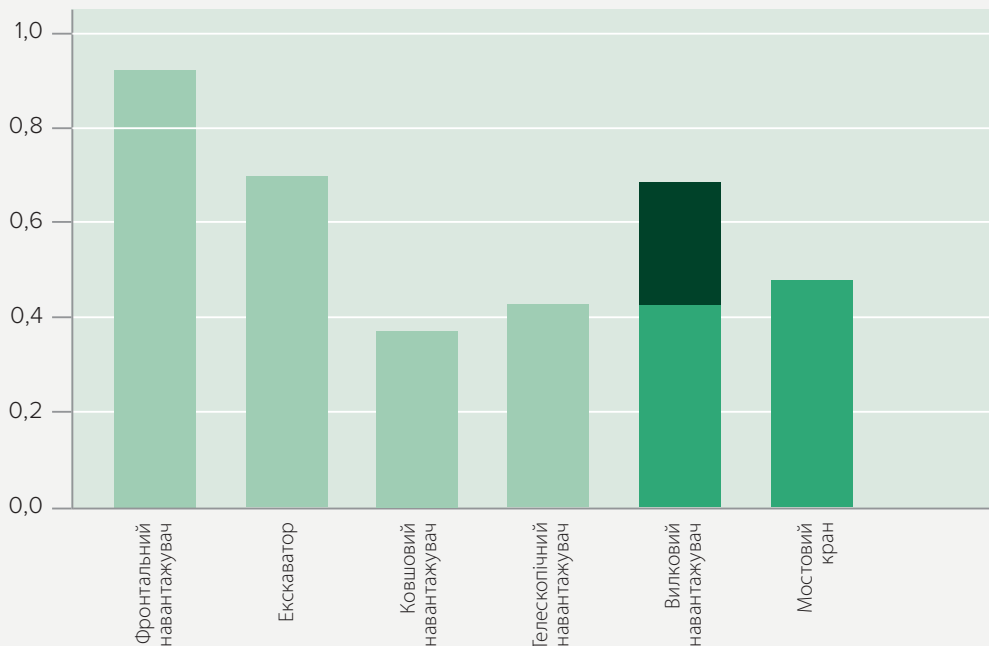


РИСУНОК 2

Витрата часу на завантаження та розвантаження соломи. При розвантаженні вилковим навантажувачем додатковий час витрачається на зважування та аналіз вологості соломи. Крім того, потрібно витратити час на переміщення тюків, якщо склад повинен бути повністю заповнений (Джерело: Центр технологій біомаси).

Загалом, об'єм проміжного складу на станції розрахований на декілька днів роботи, тому переважна більшість об'єму річного споживання соломи повинна зберігатися на децентралізованих сховищах.

Автомобільне перевезення

Автомобільне перевезення зазвичай здійснюється вантажівкою/вантажівкою з причепом. Якщо відстань до станції невелика (як правило, менше 10 км), то перевезення можна здійснювати за допомогою трактора з причепом. Часто під час приймання соломи на станції вимагається, щоб завантаження тюків на автотранспорт відбувалося певним чином – зазвичай шарами по 6 (2 x 3) на вантажівку та/або причіп. Деякі станції також вимагають, щоб тюки під час транспортування були вкриті сіткою, щоб солома з тюків не розносилася вітром.

Розвантаження на станції

У той час як багато невеликих котелень централізованого тепlopостачання все ще використовують фронтальні навантажувачі для розвантаження тюків соломи, потужніші установки використовують автоматичне розвантаження краном, який піднімає цілий шар тюків з вантажівки та причепа та розміщує його на проміжному складі станції. Той самий кран використовується для переміщення тюків з проміжного складу на конвеєрну стрічку (стрічки), що транспортує солому до подрібнювачів та подає її в котел.

Багато з цих кранів оснащені технологією автоматичної реєстрації ваги та вологості тюків, ефективно зменшуючи час, необхідний для розвантаження та реєстрації вантажівки з соломою. Вологість вимірюють за допомогою мікрохвиль. Якщо для розвантаження використовується фронтальний навантажувач, зважування зазвичай відбувається на платформних вагах, тоді як вологість тюків реєструється вручну за допомогою зонда вологоміра, який вставляється в тюки соломи.

Питання охорони здоров'я та безпеки праці

Робота в аграрному секторі в цілому несе певні ризики, і поведінка з соломою не є винятком. Окрім роботи з потужною технікою, самі тюки соломи важкі, і з ними слід поводитися обережно. Наприклад,



СВІТЛИНА Food & Bio Cluster Denmark.

при встановленні штабелів з тюків соломи чи на критому складі, чи на відкритому повітрі важливо розташовувати їх шарами, щоб мінімізувати ризик їх руйнування.

Крім того, слід вживати застережних заходів задля уникнення пожежі, особливо на складах з великою кількістю соломи. У Данії існують досить суворі правила щодо: а) кількості соломи, що зберігається на одному складі, б) розмірів штабеля, в) відстані від складу до будівель та г) доріг загального користування. Основною причиною є те, що якщо загоряється штабель соломи, загасити вогонь виявляється практично неможливим, тому все, що ви можете, – це контролювати вогонь, поки він не загасне. Правові заходи мають на меті:

- а) Обмежити кількість майна, що може згоріти в одній пожежі
- б) Бути впевненим, що вогонь можна локалізувати та контролювати
- в) Бути впевненим, що він не пошириться на будівлі та інші склади
- г) Запобігти небезпечним ситуаціям на дорогах, спричинених димом від пожежі

Поводження з соломою також може призвести до великої кількості пилу (і навіть спор грибків, якщо солома волога), тому можуть виникати проблеми зі здоров'ям, якщо людина постійно працює в закритих приміщеннях. При роботі з соломою необхідно носити пилозахисну маску.



Вологість соломи контролюється до її розвантаження. Якщо вологість в партії перевищує 25%, то таку солому не приймають.

СВІТЛИНА Torben Skøtt, BioPress.



**Обгортання забезпечує
децентралізоване
зберігання на відкритому
повітрі без шкоди для
якості соломи.**

Питання сталості спалювання соломи

Використання соломи для виробництва енергії може бути сталим за умови дотримання належних заходів.

Як зазначалося в попередньому розділі, постійне вилучення соломи з поля для спалювання може призвести до зменшення вмісту вуглецю в ґрунті порівняно з полями, де солома постійно заорюється відразу або після використання в тваринництві в якості підстилки. Багаторічні дослідження показали, що це не є обов'язково великою проблемою і при використанні золи, що утворюється після спалювання, багато поживних речовин та мінералів може бути повернуто в ґрунт.

Вплив від вилучення соломи

На данських дослідних станціях Askov, St. Jyndeved та Rønhave проводились випробування, де соломку вилучали з ділянок протягом десятиліть, щоб порівняти вміст вуглецю на цих ділянках із ділянками, де солома була заорана в ґрунт в той же період. Результати показують, що вміст вуглецю у верхніх 20 сантиметрах ґрунту значно вищий, якщо соломку заорювали протягом 36 років (Rønhave) та 29 років

(Askov та St. Jyndeved).

Зрозуміло, що постійне вилучення соломи має значний вплив на якість ґрунту, проте серед данських фермерів та агрономів обговорюється питання який вплив на потенціал урожайності може мати вилучення соломи. У короткостроковій перспективі на урожайність це не впливає, поки поживні речовини вносяться з гноєм/рідкими відходами тварин та/або мінеральним добривом. Багато людей вважають, що найбільшою проблемою є більший ризик ерозії та інших структурних пошкоджень, спричинених меншим вмістом гумусу в ґрунті.

Більше того, було показано, що вуглецевий ефект вилучення соломи може бути компенсований використанням покривних культур після збору врожаю, які потім заорюються в ґрунт.

Вплив на вміст вуглецю в ґрунті

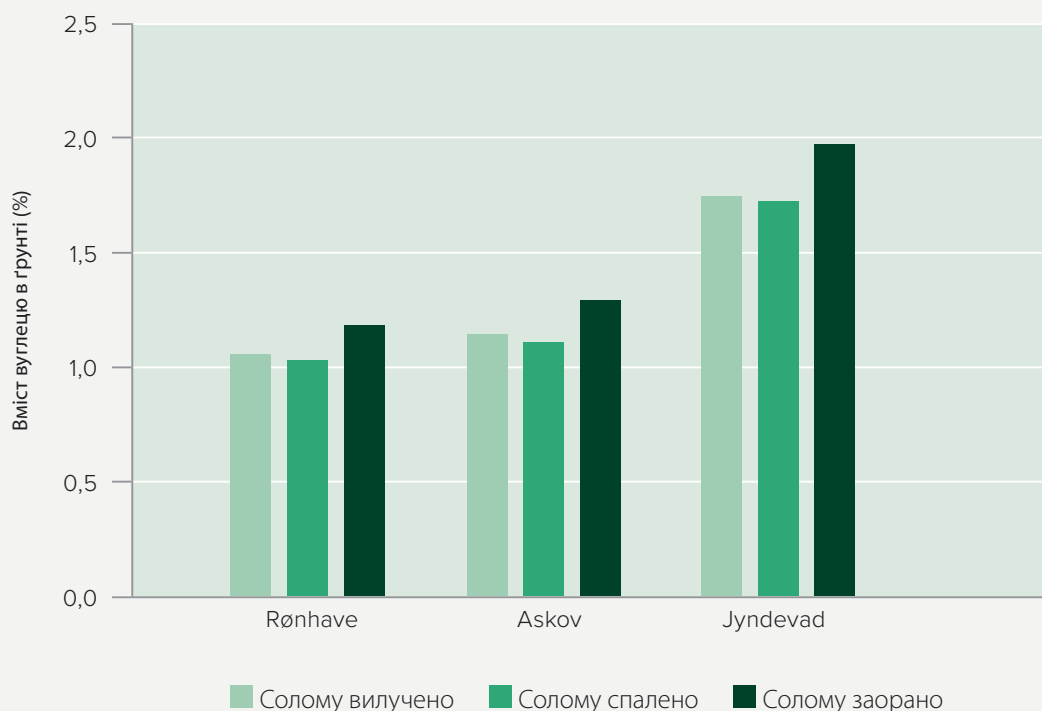


РИСУНОК 3

Вплив на вміст вуглецю у верхніх 20 сантиметрах при вилученні, спалюванні або заорюванні соломи у ґрунт.

Важкі метали	Порогове значення (мг на кг сухої речовини)
Ртуть	0,8
Свинець	120
Нікель	60
Хром	100
Кадмій	5

TABLE 4
Порогові значення вмісту важких металів.

Зола після спалювання соломи містить цінні поживні речовини.

Застосування золи від спалювання соломи

Зола після спалювання соломи містить кілька цінних поживних речовин, зокрема, фосфор та калій, і тому рекомендується її повертати в ґрунт. Однак у золі є також деякі елементи, що потребують окремої уваги, переважно важкі метали, тому важливо регулювати кількість золи, що вноситься на певну ділянку.

У Данії застосування золи від спалювання біомаси, в тому числі соломи, регулюється за допомогою Наказу про використання золи з біомаси в сільськогосподарських цілях "Bioaskebekendtgørelsen". Основним акцентом даного документу є контроль кількості важких металів на конкретному полі. У таблиці 4 вказані порогові значення вмісту важких металів у золі.

Окрім порогових значень вмісту важких металів, у Наказі також зазначено, що щорічно можна вносити щонайбільше 0,8 г кадмію на гектар (у середньому протягом п'яти років) і що загалом можна вносити максимум п'ять тонн золи (сух.р.) на гектар протягом п'ятирічного періоду.



СВІТЛИНА Adam Weller.



Біовугілля. **СВІТЛИНА** Food & Bio Cluster Denmark.

Застосування біовугілля та біодобрив

У порівнянні з золою після спалювання, біовугілля після газифікації/піролізу соломи або інших видів біомаси все ще містить певну кількість вуглецю, а також поживних речовин. Отже, з сільськогосподарської точки зору біовугілля зі станцій газифікації є кращим добривом у порівнянні з золою; однак, як пізніше буде зазначено, газифікація соломи є складним процесом, а великі газифікаційні установки на соломі малопоширені або їх взагалі не існує.

Біодобриво, отримане на біогазових установках для анаеробного зброджування, краще, ніж біовугілля через те, що воно містить досить багато вуглецю. Коли солома зброджується в біогазовій установці, зазвичай 40-60% органічного матеріалу перетворюється на метан та вуглекислий газ, тому приблизно така ж кількість вуглецю повертається назад у ґрунт разом із біодобривом. Це підтверджується тим, що вихід енергії від спалювання соломи значно вищий, ніж від біогазу при анаеробному зброджуванні.

Ще однією особливістю біодобрива з біогазових установок є те, що в основному всі поживні речовини з субстратів, що подаються в біогазову установку, все ще знаходяться в біодобриві після зброджування. Під час горіння деякі поживні речовини викидаються з димовими газами, особливо азот, а інші, такі як фосфор, можуть зв'язуватися в золі при високій температурі. Тому, незважаючи на те, що солома не містить багато азоту, біодобриво після анаеробного зброджування все одно може вважатися набагато кращим добривом, ніж зола після згорання.

Котли малої потужності

Індивідуальні котли на соломі пройшли через стрімкий розвиток з тих пір, як вперше з'явилися на ринку наприкінці 1970-х. Їх ефективність подвоїлася, тоді як викиди шкідливих речовин значно зменшилися. Багато данських фермерів вирішили інвестувати в дещо потужніші котли, для того, щоб їхні сусіди могли отримати дешеве та екологічно чисте опалення через мережу централізованого теплопостачання.

Після першої енергетичної кризи в 1973 р. багато людей почали шукати дешевше і надійніше джерело теплової енергії, ніж нафта, і для фермерів було природно звернути свою увагу на велику кількість соломи, яка на той час просто спалювалася в полях. Протягом 1970-х років ряд виробників обладнання почали випускати прості котли на соломі, які були розроблені для малих тюків.

Пізніше були виготовлені також котли на соломі для круглих та великих тюків, а також розроблені автоматичні опалювальні установки, що вимагають мінімального догляду.

Загалом існує два типи котлів на соломі: котли з ручною подачею палива, також відомі як котли періодичної дії, та автоматизовані. Котли періодичної дії – це найпростіший тип обладнання, де цілі тюки соломи подаються в котел вручну (див. рис. 4). У випадку з установками для малих тюків подача палива зазвичай виконується вручну, тоді як фронтальний навантажувач використовують, як правило, якщо це установка на круглих або великих тюках.

Котел періодичної дії порівняно дешевий, а експлуатаційні витрати мінімальні. Однак багато часу потрібно витратити на видалення золи та подачу нового палива.

Котел періодичної дії на соломі з баком-акумулятором

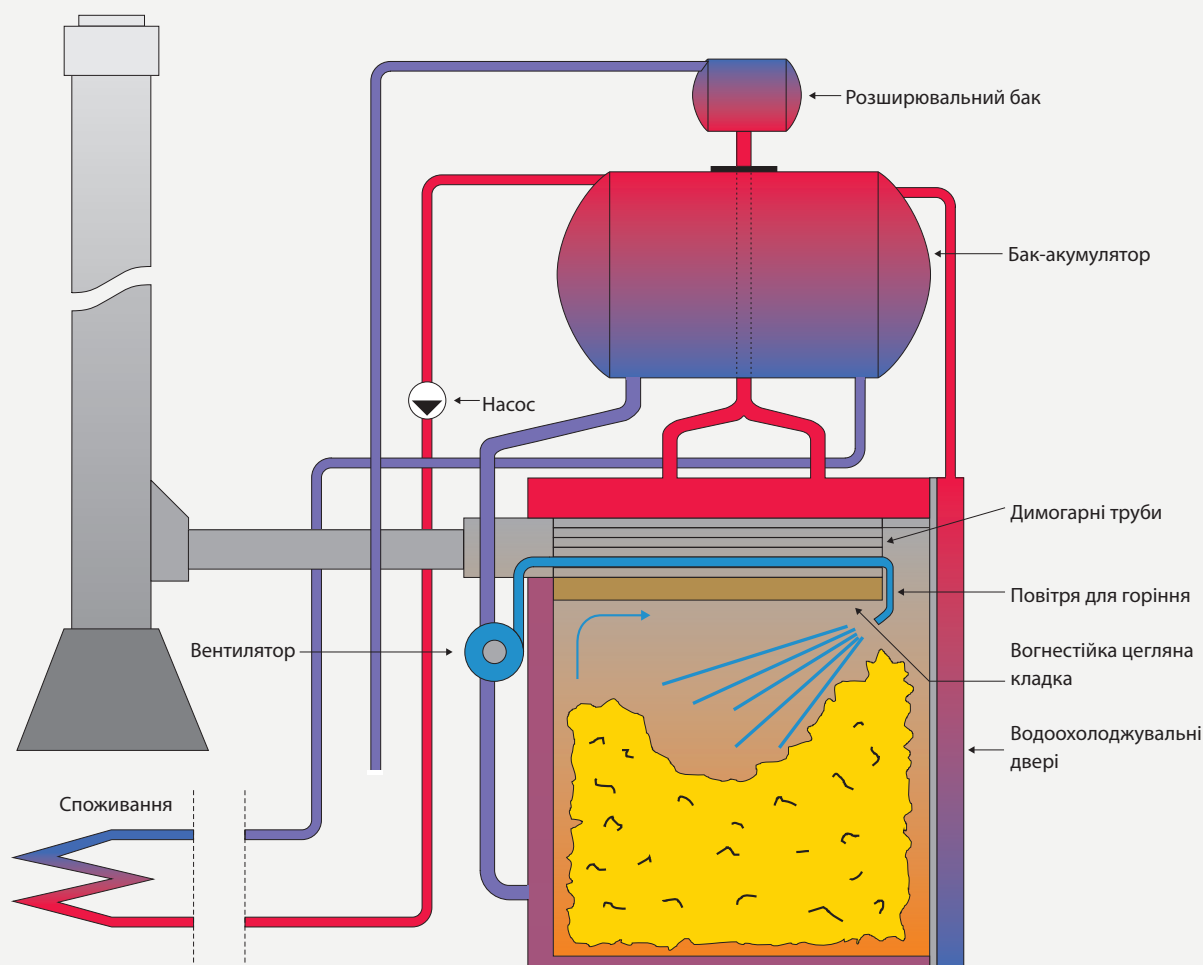


РИСУНОК 4

Котел періодичної дії на соломі з баком-акумулятором.



Котел періодичної дії для великих туків. **СВІТЛИНА** Torben Skøtt, BioPress.

Вручну чи автоматично?

Автоматичні котельні складаються з котла на соломі та системи подачі, яка включає конвеєр та накопичувач, в якому подрібнюється соломка перед тим, як вона подається в котел за допомогою шнеку або повітрорудки.

Ці установки, як правило, дорожчі, ніж установки, що завантажуються вручну, та мають вищі експлуатаційні витрати, проте, натомість, не потребують постійного догляду.



Установка з автоматичною подачею потужністю 800 кВт від Linka Energy. **СВІТЛИНА** Linka Energy.



Установки періодичної дії часто встановлюють в окремій будівлі, щоб зменшити ризик пожежі. **СВІТЛИНА** Torben Skøtt, BioPress.



Ефективність спалювання і оточуюче середовище

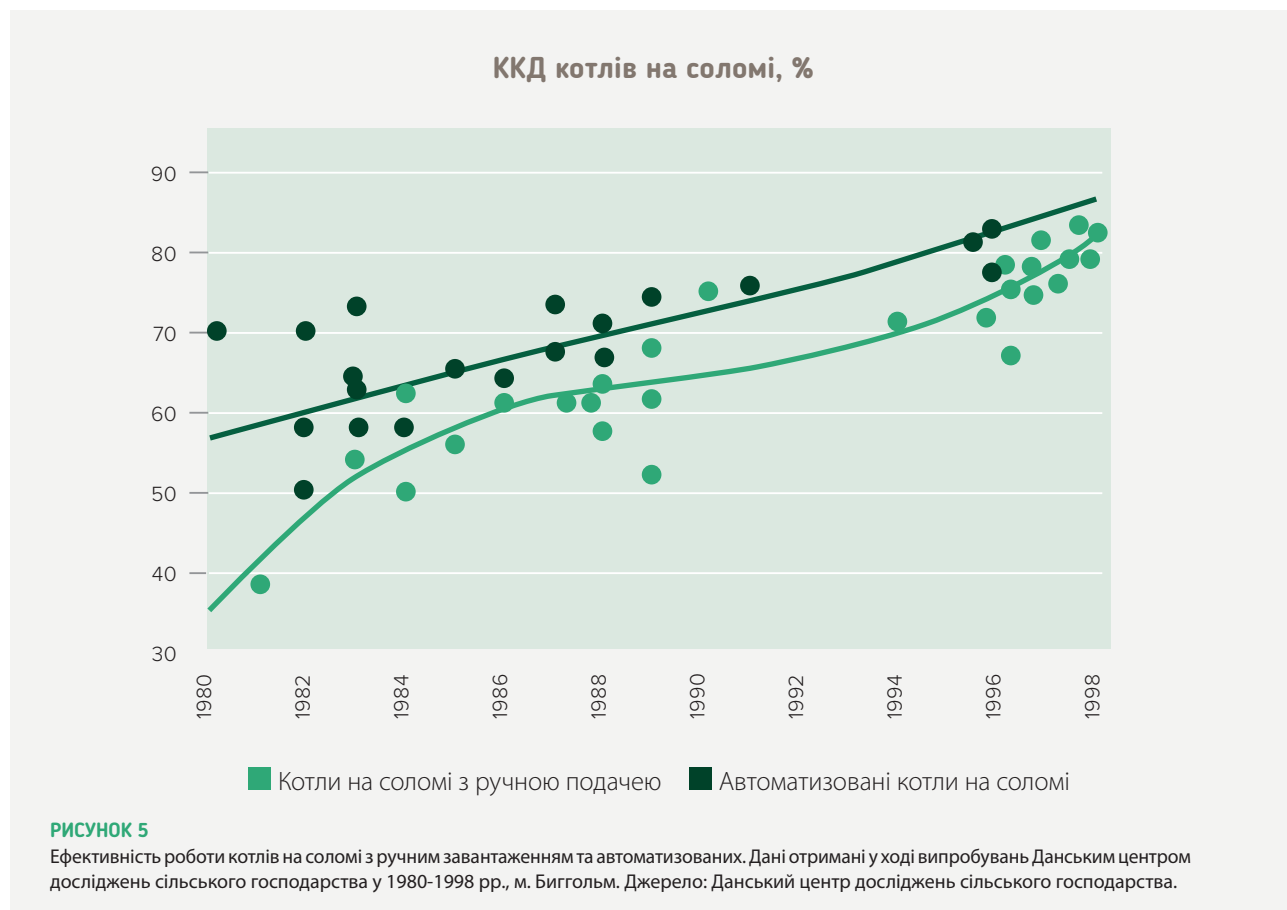
Ефективність роботи перших котлів на соломі часто була низькою, ККД становив 30–40%, що призводило до поганого горіння та викидів забруднюючих речовин з димовими газами. Однак, у 1976 р. Данський інститут сільськогосподарських досліджень розпочав випробування котлів на соломі та почав допомагати виробникам у розробці їх продукції. Крім того, з метою пришвидшення розвитку у 1995 р. Данське енергетичне агентство запровадило схему субсидій. Розмір субсидії залежав від ефективності роботи котла. Це призвело до того, що конструкції котлів на соломі було вдосконалено, а ККД зріс з початкових 30–40% до понад 80% (див. рис. 5).

Тим часом, завдяки тому, що котли стали ефективнішими, викиди чадного газу (СО) значно знизились. Сам по собі монооксид вуглецю не шкідливий для навколишнього середовища в малих дозах, але показує, наскільки загалом котли викидають забруднюючі речовини. Якщо в димовому газі багато СО, то у ньому також буде присутнім ряд інших шкідливих речовин. Прикладом може бути сажа та дьоготь. Останній складається з різних органічних кислот та ПАВ (поліциклічних ароматичних вуглеводнів), які є канцерогенними.

Наявність цих речовин є свідченням неповного згоряння, і найбільш доцільним способом звільнитися від них є покращення горіння, завдяки чому ці речовини згорять, і при цьому краще використовується паливо. Це можливо завдяки забезпеченню високої температури в топці котла. Солома та інші види біомаси утворюють гази, які не горять, поки температура не досягне близько 800–900 градусів. Якщо температура впаде занадто низько, гази не будуть згорати та викидатимуться через димову трубу, що призводить до поганих економічних показників та надмірних викидів.

Старі котли на соломі, як правило, складаються з топки з водяним охолодженням з димовою трубою на одному кінці, тоді як повітря для горіння подається з протилежної сторони. З огляду на цю просту конструкцію, будуть спостерігатися викиди димових газів через димову трубу без згоряння. На щастя, це можна виправити, і для цього спроектовано багато нових котлів. В нових конструкціях котлів гази направляються для їх проходження перед повітряними форсунками, що забезпечує набагато більшу ймовірність їх займання та перетворення в теплову енергію замість забруднення навколишнього середовища.

Якщо температура в камері згоряння занадто низька, це призводить до поганих економічних показників та надмірних викидів забруднюючих речовин.



Потужність котла

У багатьох людей виникає бажання придбати котел на соломі, потужніший за необхідний. Однак це не є хорошою ідеєю, часто економічно невиправдано та призводить до негативного впливу на навколишнє середовище. Правильним вибором є котел, потужність якого дещо менша необхідної для покриття потреби в опаленні в найхолодніші дні. Котел на соломі є найбільш ефективним при повному навантаженні, а, отже, чим потужніший котел, тим більший ризик його роботи при частковому навантаженні протягом більшої частини року.

Оптимальна потужність котла зазвичай становить близько 75% потреби в найхолодніший день. У той час, коли котел на соломі не зможе покрити потребу у тепловій енергії, його може доповнити котел на мазуті або електричне опалення.

Бак-акумулятор

Установки з ручним завантаженням завжди повинні бути обладнані баком-акумулятором. Це необхідно для того, щоб накопичена теплова енергія могла використовуватися по мірі необхідності, а не з тією ж швидкістю, що виробляється. Бак-акумулятор забезпечує ефективне згорання палива особливо влітку, коли споживання теплової енергії низьке. Бак-акумулятор часто є окремим резервуаром, розміщеним зверху котла, але він також може бути одним цілим з котлом. Зазвичай бак повинен містити 60-80 літрів води на кожен кілограм соломи, який подається в топку.

Багато автоматичних котлів можуть забезпечити краще горіння, якщо до них підключити бак-акумулятор. Потреба у опаленні протягом цілого дня може бути забезпечена приблизно за 6-8 годин, а кількість запусків/зупинок котла можна зменшити, що в іншому випадку призведе до поганої якості горіння.





Теплопостачання найближчих споживачів

Сьогодні понад 60% усіх данських домогосподарств підключено до мережі централізованого теплопостачання, а ринок традиційних котельних централізованого теплопостачання (тобто для великих сіл чи міст) майже повністю заповнений.

Малим містам може бути важко отримати переваги централізованого теплопостачання, тому з'явився новий напрямок – «теплопостачання найближчих споживачів». В принципі, це може бути будь-яке домогосподарство, яке постачає сусідам теплову енергію. На практиці часто фермери вирішують інвестувати в більший, ніж це необхідно для власного споживання, котел на соломі, щоб постачати теплову енергію найближчим споживачам.

У цьому випадку, як і в фермерських установках, потужність котла на соломі повинна бути такою, щоб забезпечити 70-80% потреб у опаленні в найхолодніший день. Це дає найкращі економічні показники протягом цілого року як взимку, так і влітку, коли споживання мінімальне. Протягом зимового періоду котел на мазуті можна використати як піковий або резервний у випадку поломки котла на соломі.

Існуючі в Данії установки теплопостачання найближчих споживачів забезпечують тепловою енергією від декількох до 70-80 будинків. Переважна більшість таких установок була побудована фермерами, які мають у своєму розпорядженні значну кількість соломи, тому вони можуть поставляти своїм сусідам дешевшу теплову енергію.

Досвід теплопостачання найближчих споживачів, зазвичай, є дуже позитивним. Фермери, як правило, отримують економічну вигоду, а споживачі забезпечені дешевим опаленням, і той факт, що ви можете придбати дешеву теплову енергію, може полегшити сприйняття не дуже приємних запахів з сусідньої ферми.

Щоб теплопостачання найближчих споживачів мало успіх, врахуйте наступне:

- Будівлі повинні знаходитись близько, як у звичайних міських районах, щоб уникнути занадто великих втрат на теплотрасах
- Великі споживачі, такі як школи, будинки престарілих або підприємства, відіграють важливу роль у економічній доцільності проекту
- Споживачі повинні мати можливість отримати фінансову вигоду, змінивши опалення котлами на мазуті на опалення від сусідньої котельні
- Споживачам слід гарантувати дешеві та стабільні ціни на опалення принаймні на 10 років

Централізоване теплопостачання

Теплоцентралі, що працюють на соломі, можуть стати дешевою та екологічно чистою альтернативою іншим видам опалення, особливо, якщо установка розміщується в районі з великим надлишком соломи.

Кілька років тому існувала тенденція, коли централізоване теплопостачання віддавало перевагу деревній трісці як паливу. На сьогоднішній день з економічної точки зору немає великої різниці між цими двома видами палива.

Станції централізованого теплопостачання, що працюють на соломі, будуються в Данії з 1980 року, і на сьогоднішній день функціонує близько 55 таких станцій. Кілька станцій були побудовані у тісній співпраці з місцевими фермерами, а в деяких випадках фермери несли відповідальність як за будівництво, так і за роботу станції. Потужність станцій коливається приблизно від 500 кВт до 12 МВт, технічні проекти досить різноманітні, хоча в них є елементи, які зазвичай використовуються на всіх станціях.

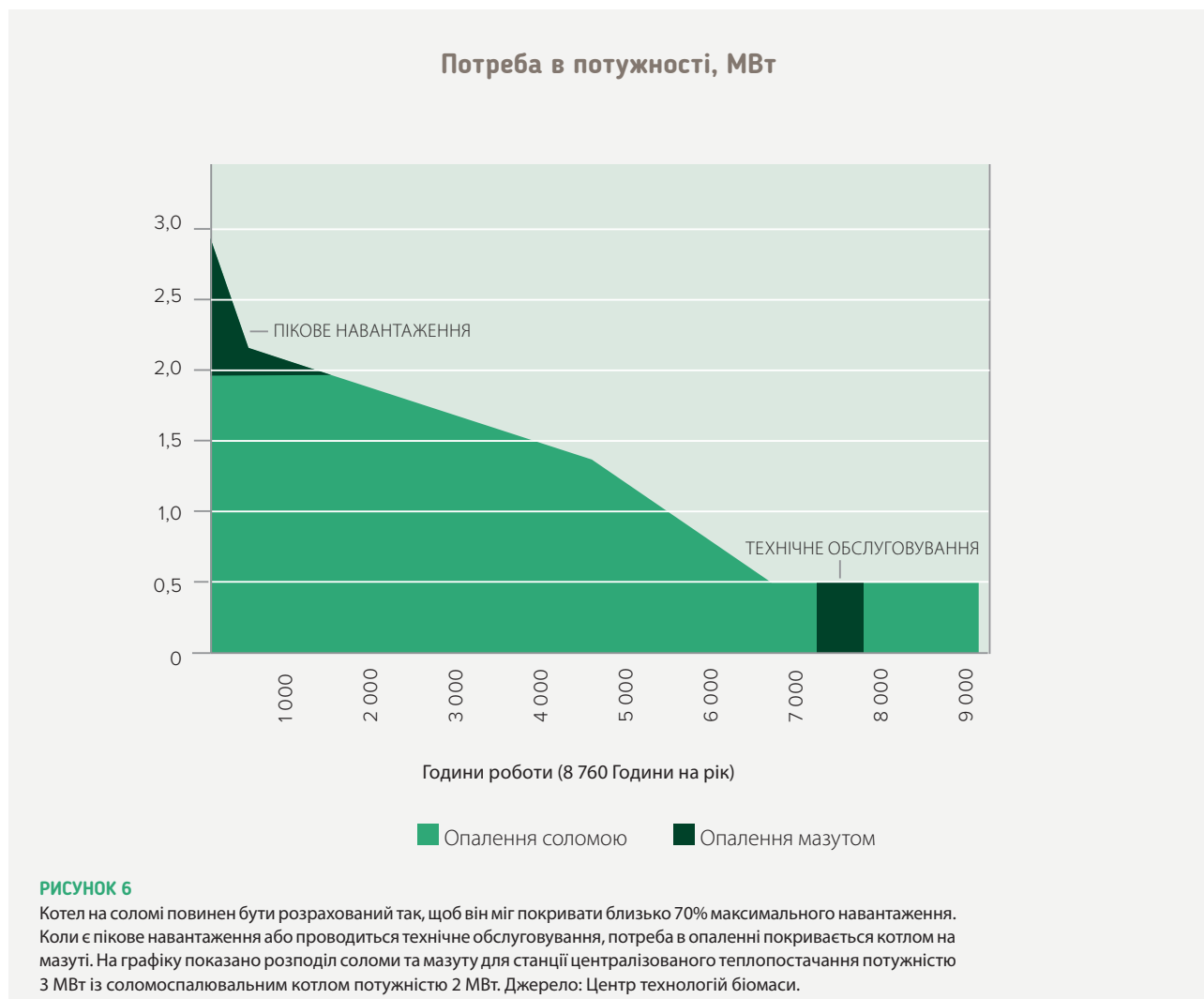
В певний момент в Данії існувала 61 станція централізованого теплопостачання на соломі, але приблизно у 2000 році кілька станцій вирішили замінити котли на соломі на котли на деревній трісці. Основною причиною цього стало зниження цін на деревну тріску через

значний імпорт деревини з Прибалтики. Крім того, кілька станцій мали проблеми з постачальниками соломи. Багато перших теплових станцій на соломі вирішили укласти довгострокові індексовані контракти з фермерами, що з часом призвело до суттєвого збільшення цін на соломі. Сьогодні соломі в основному торгують на відкритому ринку шляхом торгів, що зробило її більш конкурентоспроможною і призвело до ще одного збільшення кількості теплових станцій на соломі.

Питання про те, що є більш економічно вигідним, котельня на деревній трісці чи соломі, значною мірою залежить від місцевих обставин. Торгівля соломі в основному є регіональною, тоді як деревна тріска стала міжнародним товаром. Якщо станція розташована у районі з великим надлишком соломи, це може забезпечити низькі ціни на опалення та збільшити доходи для місцевих фермерів. Як правило, солома є дешевшим паливом, ніж деревна тріска в Данії, хоча інвестиції та експлуатаційні витрати трохи вищі.



СВІТЛИНА Torben Skøtt, BioPress.



Станція повинна бути розрахована так, щоб покрити близько 70% максимальної потреби у тепловій енергії.

Як і для фермерських установок, станцію доцільно розраховувати так, щоб котел на соломі покривав близько 70% від максимальної потреби (див. рис. 6). Виходячи з цього, котел буде працювати приблизно на 25% від максимальної потужності влітку, що покращує його ефективність.

Якщо котел на соломі занадто потужний, станція буде працювати з частковим навантаженням більшу частину року, що означає зменшення ефективності роботи котла та негативний вплив на навколишнє середовище. Для згладжування нерівномірності споживання теплової енергії протягом року можна використовувати бак-акумулятор, а

взимку, коли котел на соломі не може покрити потребу у тепловій енергії для опалення, можна включити в роботу мазутний котел.

Поводження з солом'яно на станціях централізованого теплопостачання

Сьогодні на усіх станціях централізованого теплопостачання, що працюють на соломі, використовуються або великі тюки, або середні тюки, які на 30 см нижчі за великі тюки. Зазвичай фермер або його підрядник займається постачанням соломи на теплову станцію, хоча в деяких випадках станція сама керує транспортуванням та зберіганням великого об'єму соломи. Зазвичай транспортування здійснюється трактором, якщо постачальник знаходиться недалеко (<5-10 км) від теплоцентралі та вантажівкою на довші відстані.

Розвантаження на станції зазвичай відбувається за допомогою телескопічного навантажувача або вилкового навантажувача, який вивантажує два тюки одночасно. Кілька нових вилкових навантажувачів мають спеціальні захвати, які захоплюють найдовші тюки. Таким чином вантажівка може бути розвантажена з одного боку.

Оплата за солом'яно відбувається залежно від її ваги та вологості. Зважування вантажу соломи відбувається або на мостових, або на платформних вагах. З мостовими вагами процес зважування відбувається швидше, оскільки зважування відбувається лише двічі,

тоді як у випадку використання платформних ваг необхідно, щоб навантажувач заїжджав на них з кожним вантажем. Мостові ваги у 2-3 рази дорожчі за платформні, тому саме баланс між витратою часу та інвестиціями визначає, яке рішення є найбільш доцільним для кожної станції.

Перед вивантаженням вологість вимірюють за допомогою приладу, щуп якого можна вставити в окремий тюк соломи. Оптимальним значенням вологості є 14-15%. Якщо вона становить 18-20%, то деякі станції знизять ціну. Більшість станцій повністю відмовляються від партії соломи, якщо її вологість становить 25% або вище. Від свіжої та мокрої соломи також зазвичай відмовляються.

Склад для зберігання соломи вимагає багато місця, і, як результат, більшість станцій зберігають лише той об'єм соломи, який необхідний для її роботи протягом тижня при повному навантаженні. Як правило, є чотири тюки, що складені один на одного у визначених місцях, тому кран може автоматично розміщувати тюки на конвеєрній стрічці, звідки тюки транспортуються до подрібнювача або безпосередньо в котел. На декількох менших станціях немає крана, і тюки потрібно розміщувати вручну на лінію подачі соломи.

Конструкція котла

Очевидно, що соломоспалювальний котел призначений для спалювання соломи, але більшість станцій також можуть використовувати як паливо інші види сухої біомаси. Деякі станції мають позитивний досвід з додаванням полови, кісточок вишні та сухих деревних відходів.

Котли на соломі можуть мати різну конструкцію, але, як правило, вони оснащені вібраційною колосниковою решіткою внизу, де відбувається горіння. Колосникова решітка розділена на кілька зон горіння і може переміщуватися назад і вперед, завдяки чому солома, яка горить, транспортується до місця видалення золи. До кожної зони підводиться необхідна кількість повітря для ефективного спалювання.

Більшу частину енергетичного вмісту соломи забезпечують леткі гази, які згорають в топці котла над колосниковою решіткою. Конструкція топки котла та контроль подачі повітря мають вирішальне значення для забезпечення правильного згорання різних газів, деякі з яких не загоряються, поки не буде досягнуто температури 800-900°C. Незгорілі гази викидаються з димової труби, що призводить до зменшення ККД та збільшення викидів забруднюючих речовин.

Після топки котла димові гази проходять через теплообмінник, де теплова енергія передається, як правило, воді у ряді вертикальних труб. Більшість станцій оснащені економайзером, своєрідним теплообмінником, здатним відбирати теплову енергію димових газів перед тим, як вони потрапляють у димову трубу.

Цілі тюки чи подрібнена солома?

Переважає більшість станцій централізованого теплопостачання на соломі використовує подрібнену солому, але є також такі, що використовують «нарізані солом'яні тюки», і кілька установок, де тюки подаються безпосередньо в котел – так зване «сигарне спалювання». Остання система мала свій золотий вік до 1980-х років, але кількість таких котлів швидко зменшується, оскільки вони не завжди відповідають чинним

екологічним стандартам.

Система з нарізанням тюків складається з завантажувального бункера, у якому вертикально розміщений тюк соломи. Коли виникає потреба в порції палива, гідравлічний ніж відрізає шматок тюка соломи і подає його в котел. Це відносно простий принцип, і його можна розглядати як щось середнє між сигарним спалюванням та спалюванням подрібненої соломи.

Для отримання подрібненої соломи подрібнювач просто розміщують між лінією подачі соломи та котлом. Подрібнювачі можуть мати різну конструкцію, але в принципі мова йде про повернення соломи в той самий стан, який був до її тюкування. Протягом багатьох років було проведено багато випробувань, щоб визначити, чи можна виключити процес тюкування та подрібнення та замість цього транспортувати соломі безпосередньо з поля до теплоцентралі. Це здається очевидним рішенням, але практичні проблеми зі зберіганням та поводженням з сипучою соломкою були настільки великими, що від цієї системи відмовились.

Котли на подрібненій соломі зазвичай мають високу ефективність та низький рівень викидів.

Котли на подрібненій соломі зазвичай мають високу ефективність та низький рівень викидів. Коли солома подрібнена, то легше контролювати надходження палива та повітря, ніж коли її подають цілими тюками. Інвестиції та експлуатаційні витрати трохи вищі, ніж для котлів на цілих тюках, але це зазвичай компенсується вищою ефективністю. Установки з подрібненою соломкою завжди повинні бути обладнані запобіжним пристроєм між подрібнювачем та



Тюки соломи розміщують на проміжному складі вилковим навантажувачем. Тюки повинні бути вивантажені та розміщені в зоні, позначеній жовтим кольором, щоб кран міг автоматично забирати тюки зі складу. **СВІТЛИНА** Torben Skøtt, BioPress.



Склад соломи на станції централізованого теплопостачання Terndrup. Солома переміщується зі сховища до котла краном з автоматичним управлінням. Склад вміщує обсяг соломи, достатній для роботи станції протягом одного тижня в зимовий період.
СВІТЛИНА Torben Skøtt, BioPress.

котлом, щоб не допустити поширення вогню на соломі поза котлом.

Екологічні аспекти

Вплив котельних централізованого теплопостачання, що працюють на соломі, на довкілля привертає увагу місцевої влади, а також місцевого населення, яке зацікавлене у безпроблемній станції. Усі централізовані котельні в Данії оснащені рукавним фільтром або електрофільтром, який зменшує обсяг леткої золи, і тверді частинки не розсіюються над прилеглою житловою зоною.

Вміст CO в димових газах є показником ефективності спалювання. Високий вміст CO свідчить про низьку ефективність. Димові гази мають неприємний запах і, вірогідно, містять ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні),

які є канцерогенними. Виміряти вміст CO досить просто, і органи влади встановлюють жорсткі вимоги щодо дозволеної концентрації CO у димових газах.

Оксиди азоту (NO_x), що містяться у димових газах, можуть долати великі відстані, трансформуватися, наприклад, в азотну кислоту і завдавати шкоди лісам, озерам і будівлям. Крім того, вплив азотних сполук з повітря може викликати надмірне удобрення чутливих природних територій, таких як вересові пустища і болотисті місцевості. Оксиди азоту, особливо NO₂ і у меншій мірі NO, також можуть порушити легеневу функцію у людей, хворих на астму і бронхіт. Існують системи очищення димових газів від NO_x, але вони дорогі і тому рідко встановлюються на станціях централізованого теплопостачання.

Димові гази можна також очистити від діоксиду сірки (SO₂), але як і у випадку з NO_x, відповідні системи очищення є дуже дорогими для встановлення на соломоспалювальних станціях централізованого теплопостачання. У разі очищення димових газів від SO₂ можна не сплачувати державний податок на сірку, але при цьому потрібно інвестувати у систему очистки від неї та вимірювальне обладнання, щоб надати докази про неперевищення гранично допустимих значень емісії.

Кілька станцій експериментально установили обладнання для конденсації димових газів з метою підвищення ККД, але більшість з них відмовилися від цієї ідеї після кількох років роботи. Абсолютно нова станція із конденсацією димових газів була впроваджена у містечку Хонг, розташованому північніше м. Слагельсе. Очікується, що ріст ККД може сягати 10% при забезпеченні очищення димових газів від сірки. Якщо очікувані показники підтвердяться, ця технологія може стати стандартною для нових і старих станцій, особливо якщо буде можливість уникнути податку на сірку без необхідності встановлення складного і дорогого вимірювального обладнання.



Транспортер для автоматичного завантаження тюків соломи.
СВІТЛИНА Cormall A/S.



**Данія – світовий лідер
з комбінованого
виробництва теплової
та електричної енергії з
соломи.**

Солома для централізованих станцій комбінованого виробництва теплової та електричної енергії

Данія спеціалізується на генерації енергії з соломи на централізованих станціях комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (ТЕЦ). З 1980-х років великі кошти було вкладено у розвиток технологій для спалювання соломи на вугільних електростанціях і у впровадження ТЕЦ на соломі або суміші соломи з іншими видами біомаси.

Спрощено, основними складовими електростанції є котел, паровий контур, турбіна і електрогенератор. У котлі енергія палива перетворюється в теплову енергію, яка передається до парового контуру і далі до турбіни, з'єднаної з електрогенератором. Після проходження через турбіну пара конденсується в процесі її охолодження водою, і конденсат повертається до котла.

На традиційній електростанції лише 40-45% енергії палива перетворюється в електроенергію. Решта втрачається з димовими газами і одою для охолодження. На ТЕЦ електроенергія виробляється таким же чином, як на звичайній електростанції, але пара після турбіни не просто охолоджується, а нагріває воду, що повертається з системи централізованого тепlopостачання. При комбінованому виробництві теплової та електричної енергії використовується 85-90% енергії палива. При цьому не потрібна вода для охолодження, отже ТЕЦ може бути розташована в будь-якому місті з достатньо високою потребою у тепловій енергії.

У Данії комбіноване виробництво теплової та електричної енергії має високий пріоритет. Раніше було прийнято розміщувати дуже великі станції поруч з великими містами, такими як Копенгаген, Орхус та Оденсе. Однак, у 1986 р. партії парламенту уклали політичну угоду щодо сектору енергетики, яка передбачала будівництво нових децентралізованих ТЕЦ на біомасі, твердих побутових відходах та природному газі. В результаті, у 1989 р. було побудовано першу в світі ТЕЦ на соломі у м. Хаслев.

З того часу було побудовано ще десять соломоспалювальних станцій. У 2017 р. нова соломоспалювальна станція була побудована у с. Лісб'єрг під Орхусом, що допомогло місту повністю відмовитися від використання вугілля. Станція потужністю 110 МВт спроектована на 100% споживання соломи, але може також використовувати до 50% деревної тріски (по енергії палива).

У 1993 р. парламент узгодив План дій по біомасі, який вимагав від електростанцій споживати 1,4 млн т біомаси на рік, у тому числі принаймні 1 млн т соломи. У той час досвід інших країн був дуже обмеженим і включав лише використання деревини як палива. Виробництво енергії з соломи для цілей тепlopостачання було, фактично, зовсім новою сферою, що вимагало проведення досліджень і реалізації амбітної демонстраційної програми. Така програма дійсно дала можливість вирішити багато проблем початкового періоду, що вплинуло на перші станції, побудовані у 1990-х роках. Сьогодні Данія є одним зі світових лідерів у ефективному використанні соломи для виробництва електроенергії.

Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи в сфері ТЕЦ на соломі були особливо сконцентровані на спалюванні на колосниковій решітці, пиловому спалюванні, системах циркулюючого киплячого шару і сумісному спалюванні, коли солома і вугілля спалюються в одному котлі.

Поводження з соломою на станції

ТЕЦ споживають набагато більші обсяги соломи, ніж котельні централізованого тепlopостачання. Так, наприклад, ТЕЦ Фюн використовує 150-170 тис. т соломи на рік, що еквівалентно більш ніж 300 тис. великих тюків.

Для поводження з великими обсягами соломи більшість станцій обладнано автоматичними кранами, які можуть одночасно піднімати 12 тюків. Це дає можливість розвантажити вантажівку і причеп всього у два заходи. Оскільки кран одночасно фіксує як вагу, так і вологість, проблеми зі зберіганням соломи виникають рідко. Вологість визначається за допомогою мікрохвиль, а датчик навантаження крану фіксує вагу кожної партії.

Принципова схема блоку на електростанції Фюн із колосниковою решіткою

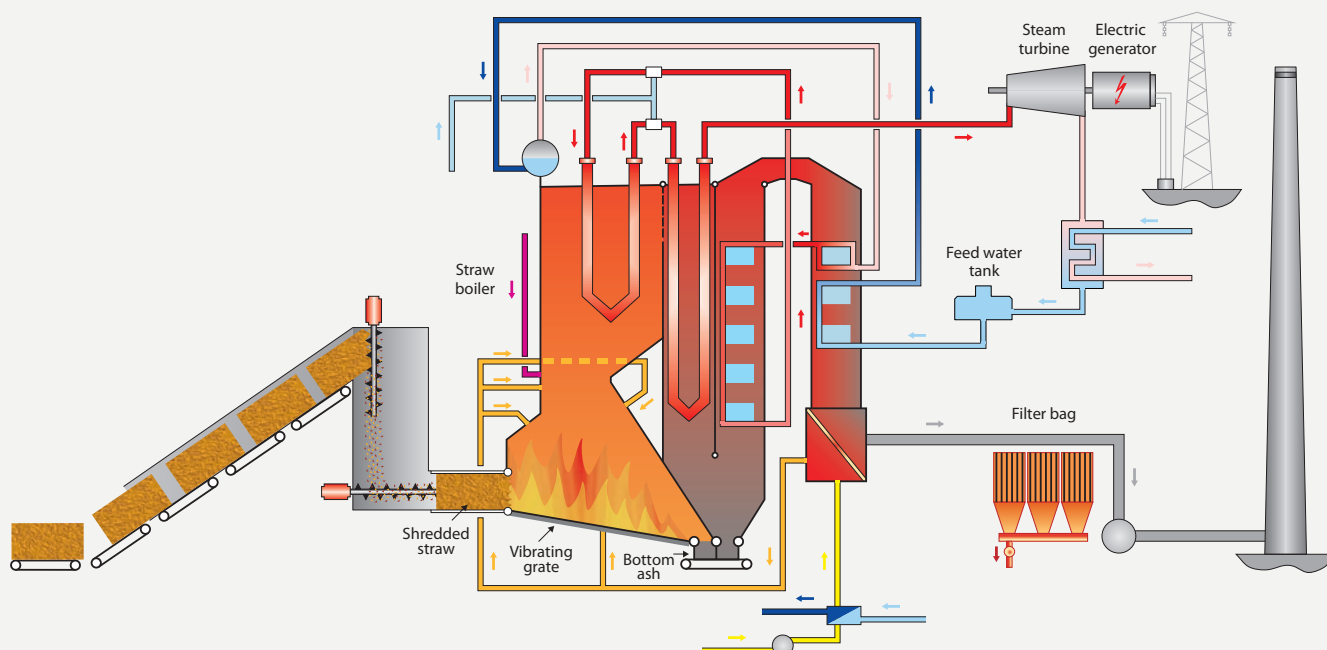


РИСУНОК 7

Принципова схема блоку на електростанції Фюн із колосниковою решіткою.

Тюки зі складу соломи завантажуються краном на стрічковий конвеєр, який транспортує їх до подрібнювачів. На електростанціях може бути різна кількість стрічкових конвеєрів, але більшість електростанцій використовують чотири паралельні стрічки, щоб мати можливість обробляти велику кількість соломи.

Спалювання на колосниковій решітці

Спалювання на колосниковій решітці – найбільш розповсюджена технологія утилізації соломи на данських ТЕЦ (див. рис. 7). Як випливає з назви, горіння відбувається на колосниковій решітці внизу топки котла. У більшості випадків використовується нахилена охолоджувана водою решітка, яка через періодичні проміжки часу вібрає, повільно рухаючи солому до місця золовидалення. Менша частина золи – летка зола – проходить через котельну установку і збирається у рукавному фільтрі перед тим, як димові гази попадають у димову трубу.

На більшості установок із колосниковими решітками тюки соломи подаються зі складу у подрібнювач, після чого подрібнена солома подається за допомогою шнека на колосникову решітку. Однак на деяких старих установках тюки подаються безпосередньо в котел для «сигарного спалювання». При цьому тюки соломи не подрібнюються, оскільки вони поступово згорають з початку тюка до його кінця. Частина соломи згорає в камері над решіткою, тоді як залишки падають на решітку, де вони догорають.

Пилове спалювання

Електростанції, що працюють на вугільному пилу, можуть бути переобладнані для спалювання гранул з соломи замість вугілля. Для цього потрібні інші склади та подрібнювач, який забезпечить подрібнення цих гранул замість вугілля, але, у загальному, вдування палива в котел відбувається таким же чином. Спалювання соломи може призвести до тих самих проблем із забиванням та корозією труб пароперегрівача котла, тому може знадобитися зниження температури пари для продовження терміну служби котла.

Спалювання у циркулюючому киплячому шарі

У котлі з киплячим шаром можна спалювати солому разом з вугіллям. Тут горіння відбувається в шарі зважених піщаних частинок, що забезпечує нижчу температуру горіння, ніж при використанні пилового спалювання та спалювання на колосниковій решітці. В результаті зменшується утворення NO_x і з димових газів можна видалити сірку, додавши вапняк в котел.

Котли з киплячим шаром гнучкі щодо вибору палива, але чутливі до золи з низькою температурою плавлення, включаючи, наприклад, золу соломи. Причина в тому, що розплавлена зола змушує піщані частинки злипатися, тому вони виходять із зваженого стану. Як результат, солома може складати максимум 50% загального палива.

Вугільна зола має дуже сприятливий вплив на елементи у соломі, що сприяють корозії.

З досвіду експлуатації установок спалювання на колосниковій решітці відзначають багато подібних проблем щодо утворення відкладень та корозії. Крім того, були проблеми з механічним зносом труб котла, але різноманітні заміни та реконструкції вирішили найбільші проблеми.

Метод спалювання в киплячому шарі, використовуючи вугілля та солому разом, призводить до отримання залишкового продукту, який не можна використовувати повторно, і це є основною причиною того, що ця технологія застосовується лише на одній установці в Данії.

Сумісне спалювання

При застосуванні методу сумісного спалювання солома спалюється разом з вугіллям у котлі електростанції для спалювання вугільного пилу. Немає необхідності у встановленні нового котла та турбоустановки, а тому інвестиції в установку значно нижчі в порівнянні з установкою, що використовує колосникову решітку. У той же час викиди шкідливих речовин в атмосферу мінімальні, оскільки вугільні електростанції вже оснащені ефективними системами очищення димових газів.

Сумісне спалювання було розроблено на початку 1990-х років і вперше було повномасштабно продемонстровано на електростанції Студstrup, розташованій поблизу Орхуса. Тут було доведено, що спільне спалювання призводить до дуже ефективного згоряння, а вміст зв'язаного вуглецю в золі, як правило, нижчий, ніж при спалюванні лише вугілля. У перші роки утилізація леткої золи була проблематичною, але пізніше ця проблема була вирішена. Золу можна використовувати у виробництві цементу та бетону. Однак кількість соломи для такого спалювання обмежена і повинна складати до 20% всього обсягу палива, що відповідає приблизно 13% по енергії.

Під час розробки технології сумісного спалювання багато уваги було спрямовано на ризик підвищеної корозії в котлі, як це було у випадку з установками з колосниковими решітками. Однак виявляється, що вугільна зола має дуже сприятливий вплив на елементи у соломі, що сприяють корозії. Поки співвідношення соломи до вугілля не надто високе, в котлі немає хлорних відкладень, і тому ризик корозії обмежений.

Електростанція Студstrup поблизу Орхуса – перша установка для сумісного спалювання деревних гранули з соломом в Данії.

СВІТЛИНА Torben Skøtt, BioPress.



Поєднання соломи та вугілля також добре впливає на каталізатори, які зменшують кількість NO_x у димових газах. На установках, що використовують колосникові решітки, каталізатори часто руйнуються під дією сполук калію, але при використанні сумісного спалювання калій нагромаджується у вугільній золі і стає менш шкідливим.

Останніми роками електростанція Студstrup була реконструйована. У 2016 році муніципалітет Орхуса вирішив повністю відмовитись від вугілля, і станція була модернізована для спалення деревних гранул. З тих пір випробування, проведені оператором цієї електростанції компанією Ерстед, показали, що можна використовувати сумісне спалювання із соломою та замінити 8-10% деревних гранул, що вони і почали робити у 2019 році.

Виклики

Однією з найбільших проблем, що стосуються ТЕЦ на соломі, була конструкція труб пароперегрівачів у котлі. Щоб забезпечити високу ефективність виробництва електроенергії, пара повинна мати досить високу температуру та тиск, але оскільки зола соломи має низьку температуру плавлення, існує великий ризик появи корозії та відкладень на трубах.

На перших установках часто доводилося регулярно зупиняти котел, щоб очистити труби, але на новіших установках, що працюють на соломі, відстань між трубами пароперегрівача настільки велика, що є місце для накопичення товстого шару відкладень золи соломи.

У поєднанні із застосуванням пневматичних трубоочисників це дозволило збільшити тривалість експлуатації електростанцій, що працюють на соломі.

Виникнення відкладень, пов'язане зі спалюванням соломи, може бути надмірними, і проблема зростає зі збільшенням температури. Тому існують обмеження щодо максимального значення температури для забезпечення установкам прийнятної терміну служби. У старих установках температура пари становила близько 450 °C, але сьогодні вона досягла 540 °C. Це призвело до помітного збільшення ефективності, хоча вона не на тому рівні, як у сучасних вугільних установках, які працюють при температурі пари 580-600 °C.

Проведено багато досліджень щодо утворення відкладень на поверхнях та корозії при спалюванні соломи на колосниковій решітці. Дослідження включають в себе кількість хлористого калію, який випаровується із соломи під час горіння і осідає на трубах пароперегрівача. Крім того, були ретельно вивчені механізми корозії. Труби пароперегрівачів містять залізо, хром і нікель, і стало очевидним, що при високих температурах хлориди вибірково видаляють хром зі сталі, тим самим зменшуючи механічну міцність труб. Вміст хрому 12-18% забезпечує найкращий захист труб. Зрештою, була зроблена спроба додавати під час спалювання різні добавки з метою зменшення корозії.

Ця технологія добре зарекомендувала себе при спалюванні деревини, але при спалюванні соломи настільки багато золи, що витрата цих добавок занадто велика, що економічно не вигідно.

**Нещодавно
електростанція
Студstrup була
реконструйована для
спалювання деревних
гранул та соломи.**

Інші напрямки використання соломи

Спалювання соломи у малих, середніх або великих установках на сьогоднішній день є найбільш розповсюдженим використанням соломи для енергетичних цілей в Данії.

Були розроблені та випробувані кілька інших способів використання та методів конверсії, такі як газифікація та виробництво біоетанолу. Пілотні заводи працюють протягом тривалого часу, і навіть експортуються технології для створення великих комерційних заводів в інших країнах, але масового впровадження цих технологій у комерційних масштабах досі не відбулося. Ці, а також інші способи використання та технології будуть описані в наступному розділі.

Газифікація

При газифікації у циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ) біомаса перетворюється в газ, після чого цей газ може спалюватися в котлі електростанції. Таким чином, зола може залишатися поза топкою котла, що забезпечує можливість використання різноманітних видів біопалива без утворення великих та корозійних відкладень. Система може бути використана, наприклад, для сумісного спалювання соломи та відходів у існуючих вугільних котлах, оскільки різні типи золи відокремлюються та можуть використовуватися окремо.

Традиційні газифікатори ЦКШ зазвичай потребують температури 850-900 °C, і коли використовується аграрна біомаса, існує великий ризик розплавлення її золи. Подібним чином, високі концентрації випарених зольних компонентів можуть спричинити проблеми під час охолодження та очищення газу. Для подолання зазначених проблем у Данії компанія Danish Fluid Bed Technology розробила спеціальну версію установки – низькотемпературний циркулюючий киплячий шар (LT-CFB). У ній біомаса перетворюється у газ при температурі, яка трохи нижче температури плавлення золи, і це робить установку придатною для газифікації соломи.

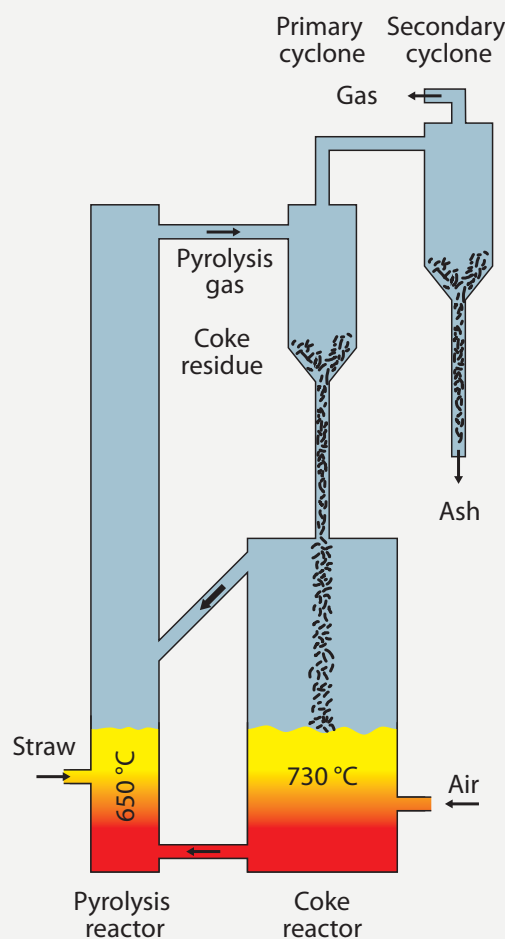
РИСУНОК 8

Ось як газифікатор LT-CFB здатний перетворювати солому в газ. У газифікатор LT-CFB солома подається на дно піролізної камери, де вона нагрівається приблизно до 650 °C. Оскільки кисню немає, солома не займається, а перетворюється на 80% піролізного газу та 20% вугілля. Потік частинок піску, що циркулює, заважає частинки вугілля разом з ним, після чого вони відділяються первинним циклоном і повторно циркулюють до дна піролізної камери через реактор, який перетворює кокс у газ. Газифікуючи коксову частину в окремій камері, можна підтримувати низьку температуру процесу, щоб зола не плавилася. В результаті, золу, включаючи солі лугів та фосфор, можна відокремити, тому отримується газ, який не викликає утворення відкладень та корозії. Згодом поживну золу можна використовувати повторно як добриво.

Як і в традиційному газифікаторі ЦКШ, біомаса потрапляє в реакційну камеру, де вона швидко нагрівається за допомогою піску та частинок золи, які циркулюють у системі (див. рис. 8). У газифікаторі LT-CFB первинна реакційна камера менша, а температура знижена, оскільки метою є швидкий піроліз, а не більш тривала газифікація коксу.

Оскільки кисень відсутній, біомаса не спалахує, а перетворюється на приблизно 80% піролізного газу та 20% коксу. Частинки коксу газифікуються через надходження повітря та потенційної водяної пари в окремому коксовому реакторі.

Як газифікатор LT-CFB перетворює солому у газ



Газифікація соломи поки не є звичною практикою, але деякі компанії пропонують цю технологію і працюють над досягненням комерційного успіху.

Технологія була вперше випробувана на невеликій експериментальній установці в Технічному університеті Данії у 2000 році, а через три роки була створена установка потужністю 500 кВт, яка може газифікувати до чотирьох тонн палива на день. У 2011 році компанія Dong Energy (сьогодні її називають Ерстед) запустила демонстраційну установку потужністю 6 МВт в Калундборзі під назвою Pyropeer, де газ використовувався на сусідній електростанції. Однак у 2014 році завод було закрито з огляду на відсутність ринку для цієї технології. Вони не могли знайти партнера для вивчення ринкових можливостей як на національному, так і на міжнародному рівні.



Промисловий завод з виробництва етанолу другого покоління Versalis вартістю 165 мільйонів євро в місті Кресцентіно, провінція Верчеллі, Італія.

СВІТЛИНА Food & Bio Cluster Denmark.



Газифікаційна установка Pyropeer у Калундборзі.
СВІТЛИНА Torben Skøtt, BioPress.

Біоетанол з соломи

Виробництво біоетанолу з зерна, кукурудзи або цукрової тростини є добре відомою технологією. У таких країнах, як США та Бразилія, було створено ряд заводів з виробництва біоетанолу 1-го покоління, які постачають велику кількість біоетанолу як заміника бензину.

Однак, використання сільськогосподарських продуктів харчування та кормів для виробництва біоетанолу піддавалось критиці протягом останніх років. Багато людей побоюються, що масове використання біоетанолу призведе до різкого зростання цін на продукти харчування та погіршить проблеми з голодом у бідних країнах, а також спричинить непрямі зміни в землекористуванні, що в підсумку призведе до вирубки лісів та знівелює передбачувані кліматичні переваги. Це призвело до значних зусиль щодо розвитку технологій 2-го покоління, де виробництво біоетанолу базується на непродовольчих залишках та відходах. У Данії були розроблені дві технології та перевірені в напівпромисловому масштабі з 2006 та 2009 року, але в кінцевому підсумку обидві були закриті на невизначений час.

Технологія виробництва біоетанолу Inbicon

У листопаді 2009 року дочірнє підприємство DONG Energy INBICON створило завод поблизу Калундборга з річною продуктивністю переробки 30 тис. т соломи у біоетанол, кормові та паливні гранули. На той час це був один з найбільших у світі заводів з виробництва біопалива другого покоління.

Головною проблемою була розробка технології, яка дозволяє подавати солому в реактор, який працює під тиском 15 бар і температурою близько 185 °C. У реакторі солому попередньо обробляють, після чого вона за допомогою ферментів розщеплюється на цукрові речовини. Решта етапів процесу схожа на звичайну установку 1-го покоління, де центральним процесом є перетворення цукру у біоетанол клітинами дріжджів (див. рис. 9).

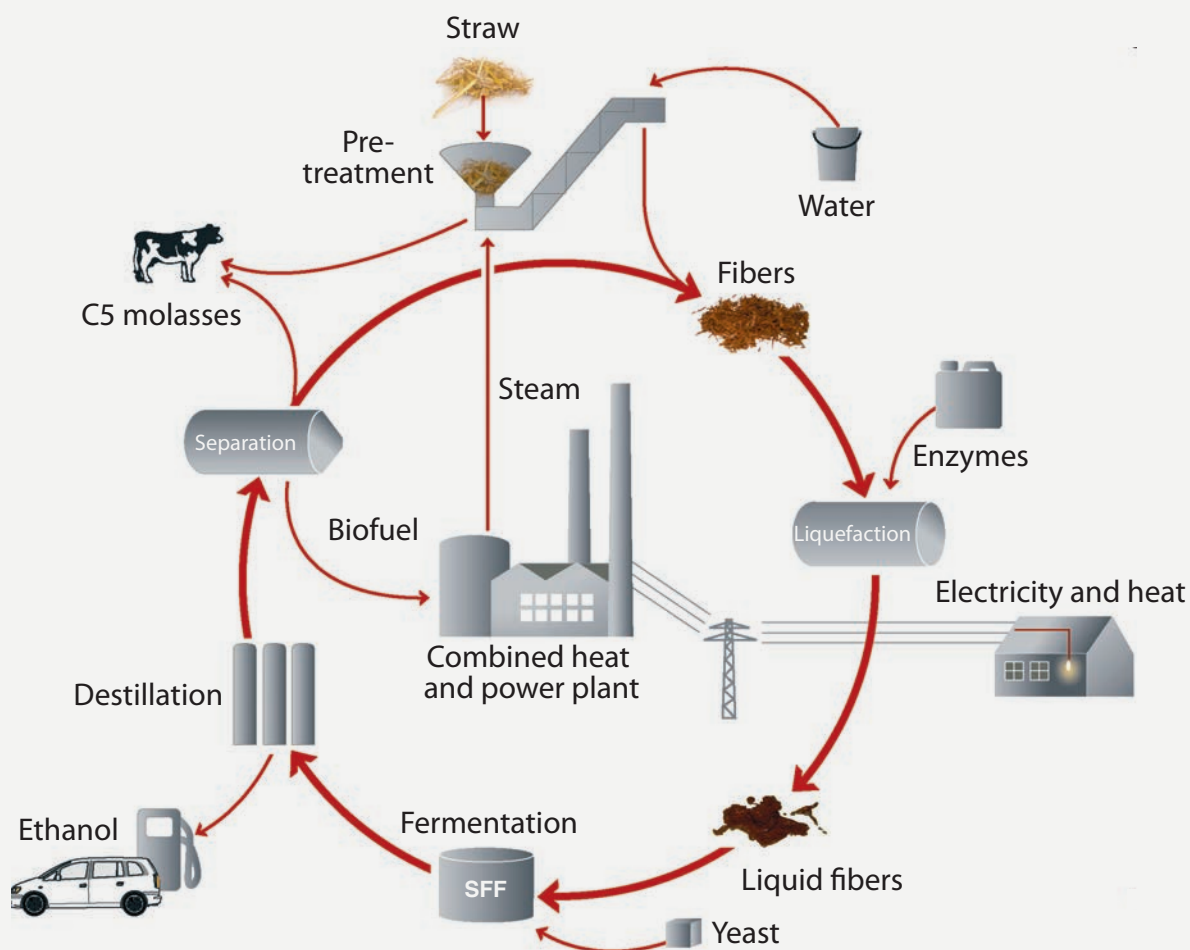


РИСУНОК 9

Принципова схема заводу Incipon з виробництва біоетанолу із соломи. Одним з центральних елементів є попередня обробка соломи, яка відбувається при тиску 15 бар і температурі близько 185 °C. Побудований завод співпрацює із електростанцією: надлишок теплової енергії з електростанції може бути використаний для виробництва етанолу, а електростанція може використовувати частину біомаси з заводу по виробництву етанолу як паливо.

У 2013 році консорціум Beta Renewables 2G поблизу Кресцентіно в регіоні П'ємонт в Італії створив повномасштабний завод, що базується на цій технології. Виробнича потужність заводу становила 40 тис.т біоетанолу на рік. Однак цей завод був закритий наприкінці 2017 року. Серед іншого, однією з проблем були труднощі з підтриманням задовільної якості соломи. У 2018 році Versalis SpA (дочірня компанія, що займається нафтою, газом та енергетикою Eni SpA) придбала завод після банкрутства першого власника. Нові власники інвестували ще 15 мільйонів євро в покращення заводу та планують відновити виробництво біоетанолу в 2020 році.

Завод INBICON в Калундборзі був закритий у 2014 році. Навесні 2020 року завод був проданий компанії RE Energy, яка планує знову виробляти там біоетанол, хоча цього разу не з соломи.

Технологія виробництва біоетанолу BioGasol

Данська компанія-розробник BioGasol розробила ще одну технологію виробництва біоетанолу, де побічні продукти, крім твердого біопалива, також містять газоподібне паливо у вигляді метану та водню. Принципова схема цього процесу зображена на рисунку 10.

Першою стадією є попередня термічна обробка соломи з подачею кисню, після чого біомаса розщеплюється за допомогою ферментів. Наступна ферментація здійснюється у два етапи, де перший етап перетворює целюлозу, а другий – геміцелюлозу в біоетанол. На завершальному етапі процесу вода та залишки біомаси потрапляють у реактор, де виробляються метан та водень.

Принципова схема виробництва етанолу за технологією BioGasol

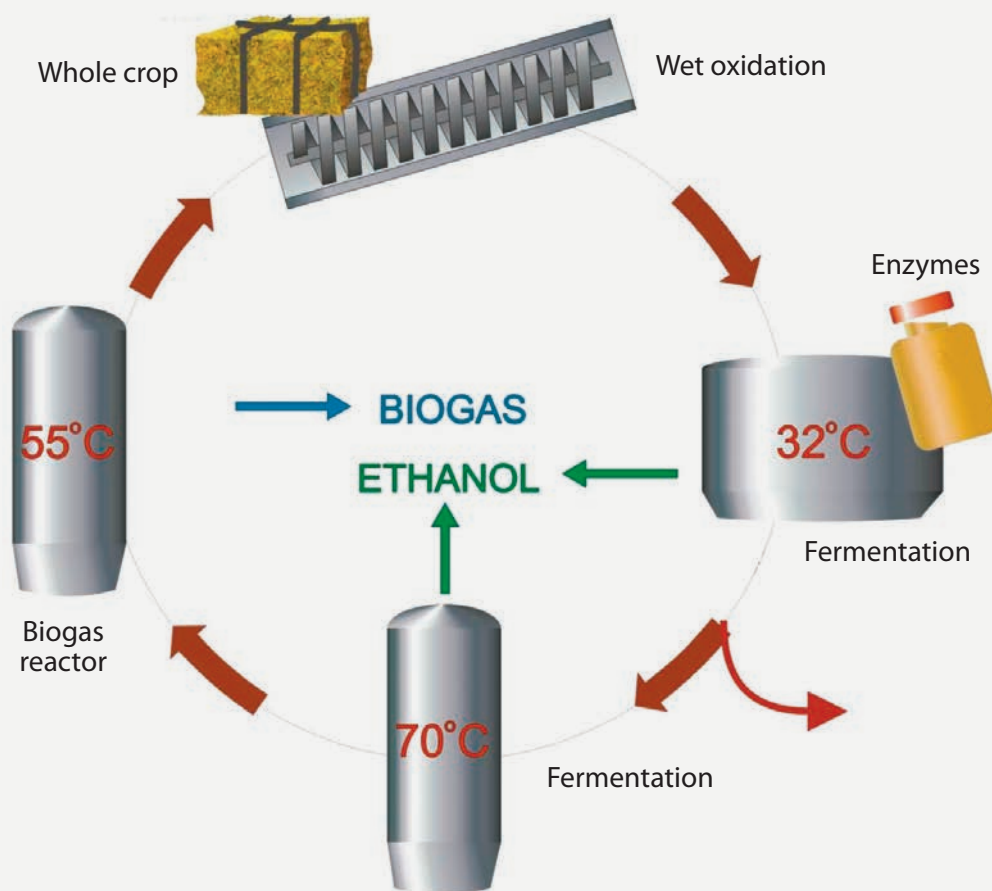


РИСУНОК 10

Принципова схема виробництва етанолу за технологією BioGasol. Під час попередньої обробки за технологією BioGasol біомасу «розкривають» методом термічної обробки під тиском у розчині слабкої кислоти або основи. В результаті ланцюги цукру стають доступними для подальшої обробки ферментами та/або ферментації. Крім того, BioGasol розробив генетично модифікований термофільний мікроорганізм, який здатний перетворювати цукор C5 в етанол, що збільшує вихід етанолу з соломи на 30-40%.

У вересні 2006 року в Технічному університеті Данії відкрився експериментальний завод під назвою Maxi-fuel. Планувалося створення більшої пілотної установки на данському острові Борнхольм, але цей план не був реалізований.

Таким чином, виробництво біоетанолу 2-го покоління із соломи ще не досягло комерційного рівня у Данії, хоча ця технологія видається добре задокументованою. В інших місцях Європи розробки тривають; Clariant будує перший, флагманський завод з використанням технології Sunliquid® для целюлозного етанолу із соломи в Румунії (очікується, що він почне працювати в 2020 році).

Солома в біогазових установках

У наш час у Данії основна увага в переробці соломи, що не пов'язана зі спалюванням, зосереджується переважно на анаеробному зброджуванні в біогазових установках. Проводиться велика робота з оптимізації використання соломи на біогазових установках як засобу збільшення середнього вмісту сухої речовини у вихідному

матеріалі і, таким чином, збільшення виходу біогазу.

Гній – основний субстрат у данських біогазових установках з кінця 1980-х рр. Органічні відходи сільськогосподарської та харчової промисловості використовуються для збільшення виробництва біогазу та економічної ефективності біогазових установок. Однак зі збільшенням кількості (та розмірів) біогазових установок за останні роки сировинні ресурси додаткових органічних відходів зменшилися, і тому зараз шукають інші субстрати, такі як енергетичні культури та рослинні залишки. Однак спеціальні енергетичні культури конкурують з продовольчими та кормовими культурами за землю, і тому енергетичні культури, такі як кукурудза, не вважаються у Данії довготривалим сталим рішенням. Солома, з іншого боку, є побічним продуктом виробництва зерна і має, як зазначалося раніше, значний річний надлишок.

При використанні соломи на біогазовій установці вихід енергії із неї складає лише близько 60% від того, що досягається при її спалюванні. Однак біогаз має набагато більше можливостей для застосування,



СВІТЛИНА Flemming Nielsen, Story2Media.

а поживні речовини разом із частиною вуглецю повертаються до ґрунту з біодобривом від біогазової установки.

Зброджування необробленої соломи в біогазових установках у стандартних умовах відбувається досить повільно, а змішування необробленої соломи з рідким гноєм є досить непростим. Це означає, що або час утримання в ферментаторах слід збільшити (удвічі порівняно із нормальним часом утримання), або солому потрібно попередньо обробити для підвищення ферментації. У той час як у Німеччині спостерігається тенденція будувати установки з більшим часом утримання, у Данії основна увага зосереджується на попередній обробці соломи для підвищення ступеню ферментації.

Механічна попередня обробка

Було розроблено досить багато технологій для «розкриття» соломи для того, щоб бактерії мали легший доступ до цукрів. У звіті, підготовленому для «Біогазової робочої групи» в рамках Данського енергетичного агентства, згадується, що вихід метану із соломи може бути збільшений на 10-20% за допомогою таких технологій попередньої обробки, як молоткова дробарка, брикетування, екструдер та Х-подрібнювач. Коли в Х-подрібнювач додають глибоку підстилку, біомаса мацерується (розм'якшується) обертовими ланцюгами всередині неї.

Підстилка, компостування та силосування

Використання глибокої підстилки з тваринницьких виробництв представляється простим і здійсненним способом утилізації соломи на біогазових установках; солома вже змішана з гноєм, і деструкція, або «розкриття» соломи, вже розпочато до подачі глибокої підстилки до установки.

У згаданому вище звіті компостування соломи перед її подачею у біогазову установку також згадується як процес, що має позитивний вплив на вихід метану. Крім того, результати показують, що солома низької якості, тобто занадто волога, щоб її спалити або використати для корму, може використовуватися з хорошими результатами на біогазових установках.

Нарешті, було показано, що силосування соломи або її силосування з іншим рослинним матеріалом, наприклад, з травою чи бадиллям буряку, також підвищує рівень ферментації соломи.

Інші методи попередньої обробки

Однією з найбільш відомих технологій «розкриття» соломи є її термічна обробка під тиском, яка також використовується для виробництва біоетанолу 2-го покоління. Однак така обробка досить енергоємна, а, отже, дорога, і не вважається доцільним її використовувати як попередню обробку соломи для виробництва біогазу. Те саме стосується і ферментативної підготовки.

Топковий мазут із соломи

Інший спосіб спробувати використати солому для енергетичних цілей – це гідротермальне зрідження, по суті, також термічна обробка під тиском. Ця технологія використовується та розробляється кількома університетами та приватними компаніями для створення нафтопродукту на основі біомаси. Підрозділ Данського технічного університету (DTU), Kvasir Technologies, має власну технологію зрідження для перетворення соломи (та іншої целюлозної біомаси) у мазут. Пілотні дослідження тривають, і мета компанії – розпочати будівництво комерційного заводу в 2023 році, якщо все буде добре. Такий вид палива був би дуже підходящим для заміни бункерного палива в судноплавній галузі, яка все ще дуже залежить від викопного палива, якщо воно зможе конкурувати на ринку. Інший підрозділ DTU, MASH Energy, також працює над виробництвом мазутних продуктів із залишків сільського господарства шляхом піролізу.

Будівельні матеріали із соломи

Як описано в попередніх розділах, використання соломи для виробництва енергії виявилось життєздатним рішенням на багатьох рівнях, і прогрес у розробці, оптимізації та впровадженні таких рішень все ще продовжується. Однак зростає усвідомлення необхідності розумного використання біологічних ресурсів. Відновлювана енергія може вироблятися із сонячної та вітрової енергії, тоді як біомаса може використовуватися для багатьох інших цілей. Зі збільшенням акценту на використанні сталих матеріалів існує значний інтерес до розробки виробів на основі соломи для будівельної галузі.

Одним із застосувань є просто використання туків соломи як «цегли» для зведення стін у будинку, а потім покриття поверхні, наприклад глиною, щоб запобігти їх зволоженню. Будинки з туків соломи добре відомі у багатьох країнах, і ви можете знайти компанії, що пропонують рішення під ключ для стандартних будинків. Для більш широких і складних застосувань низка компаній в ЄС і за його межами в даний час комерційно виробляють панелі з соломи. Продовжуються дослідження та розробки щодо використання волокон соломи для екологічніших композиційних матеріалів.



**Каскадне використання
соломи означає надання
пріоритету ланцюжкам,
що мають більшу
цінність, перш ніж
використовувати її для
енергетики.**



Старамаки – це соціальне кооперативне підприємство з Кілкеса в Північній Греції, яке виробляє соломинки для пиття із соломи злаків, використовуючи власний запатентований процес. Старамаки, яка виробляє природну альтернативу пластиковим соломинкам, ілюструє ще один інноваційний спосіб, яким солома злаків може сприяти біоекономіці. **СВІТЛИНА** Старамаки.

Ріст «зеленої» економіки з використанням соломи у майбутньому

Кілька данських дослідницьких інститутів та приватних суб'єктів активізували дослідження та розробку технологій каскадного використання соломи (та інших видів біомаси). Сюди входить, наприклад, фракціонування (сухої чи вологої) біомаси з метою спочатку видобутку високоцінних продуктів, таких як волокна, полімери, віск тощо. Інші частини потім можуть бути використані як кормові продукти і, нарешті, залишки та відходи можуть використовуватися на біогазових установках або для спалювання. Багато хто вважає такий вид біопереробки соломи найбільш сталим способом використання цього цінного ресурсу в довгостроковій перспективі. Однак багато технологій біопереробки все ще не (повністю) розроблені, не готові до виробництва в комерційних масштабах і не будуть впроваджені впродовж багатьох років.

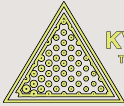
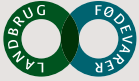
Тим часом по всій Європі є надлишок соломи, і нам украї потрібно зменшити споживання викопного палива, щоб зменшити шкідливий вплив кліматичних змін та виконати наші зобов'язання у Паризькій угоді. Данський приклад показує, що спалювання соломи є життєздатним рішенням для вуглецево-нейтрального опалення та виробництва електроенергії. Технологія перевірена і зріла. Будемо сподіватися, що ця публікація послужить натхненням для інших, описані технології можна відтворити в будь-якій точці Європи (або за її межами) із великим об'ємом виробництва зерна та прагненням до більш екологічного, а в багатьох випадках і дешевого, постачання теплової енергії. Солома для виробництва енергії означає незалежність від викопного палива, а також потенційні робочі місця та «зелене» зростання у сільській місцевості.

Перелік компаній, які мають досвід в питаннях використання соломи

(неповний перелік, для детальнішої інформації відвідайте дивіться обсерваторію проєкту AgroBioHeat).

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНИЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
	Alcon ALHEAT ApS Ole Rømersvej 15 DK-8670 Låsby www.alcon.nu	Понад 40-річний досвід продажу та обслуговування котлів на соломі, як для установки в приміщенні, так і під відкритим небом, потужністю від 75 кВт до 1 МВт по всій Європі.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●	●	●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●	●	●
	Byggeri & Teknik I/S Birk Centerpark 24 DK-7400 Herning www.byggeri-teknik.dk	Консультування аграрного сектору з питань енергетики, будівель, розмірів систем опалення, дочірніх підприємств тощо.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	C.F. Nielsen A/S Solbjergvej 19 DK-9574 Bælum www.cfnilsen.com	Механічні та екструзійні брикетувальні установки для виробництва брикетів. Сировиною, крім деревини, є залишки сільськогосподарської продукції, такі як солом, лушпиння рису, міскантус тощо. Повні виробничі лінії можуть поставлятися потужністю від 200 кг/год і вище.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	CM Biomass Partners A/S Pakhus 48, Klubensvej 22 DK-2150 Nordhavn www.cmbiomass.com	CM Biomass Partners A/S працюють з різноманітними видами біомаси, від дуже великих виробників та підприємств комунального господарства до менших регіональних виробників та дистриб'юторів. На сьогоднішній день є однією з найбільших незалежних компаній у світі з торгівлі та логістики біомаси. Впроваджують мультимодальні логістичні рішення, включаючи судна, баржі, залізниці, контейнери та вантажівки навалом, великі мішки чи невеликі мішки.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА		●	●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА		●	●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ		●	●
	Cormall A/S Tornholm 3 DK-6400 Sønderborg www.cormall.dk	Cormall – данська компанія, заснована в 1961 році, основна діяльність якої полягає у виробництві дієтичних кормозмішувачів для автоматичного годування молочної худоби, машин для переробки соломи та розробці технологій обробки біомаси.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●	●	●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	Danish Energy Consulting Glarmestervej 18 B DK-8600 Silkeborg www.danishenergyconsulting.com	Пропонує цільові консультації щодо енергетичної оптимізації котлів на соломі та теплообмінників, включаючи вибір технічних рішень та заявок на отримання потенційних грантів. Більше того, біогазовий відділ та лабораторія консультують щодо використання соломи у виробництві біогазу та проводять біологічний аналіз для стабілізації та оптимізації виходу газу.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	Dansk Fjernvarme Merkurvej 7 DK-6000 Kolding www.danskfjernvarme.dk	Торгівельна асоціація для захисту інтересів данських станцій централізованого теплопостачання. 64% (еквівалентно 1,7 мільйона) данських домогосподарств опалюються тепловою енергією від станцій, що входять до складу Асоціації Централізованого Опалення Данії. Серед членів як малі місцеві станції централізованого теплопостачання, так і великі компанії.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНИЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
	Danish Straw Producers Axeltorv 3 DK-1609 København V www.danskhalm.dk	Приватна асоціація постачальників, яка спрямована на обслуговування інтересів її членів. Асоціація уважно стежить за політичною та нормативною базою щодо використання соломи, стежить за розробкою нових технологій використання соломи, наприклад, матеріали, хімічні речовини та інші види використання в циркулярній біоекономіці.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	DSE Test Solutions A/S Sverigesvej 19 DK-8700 Horsens www.dse.dk	Розробляє та виготовляє вологоміри на мікрохвильовій основі, які контролюють фактичні та середні значення вологості в тюкованій біомасі всіх типів, в т.ч. соломі. Вони корисні для обліку, коли солома доставляється на електростанцію, а також для управління балансом вологих тюків, що йдуть в котел.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	Farmer Tronic Industries A/S Nyskovvej 13 DK-6580 Vamdrup www.farmertronic.com	Розробляє та виробляє вологоміри, датчики температури, ваги та мобільні додатки для сільського господарства та когенерації. Професійним користувачам пропонується процедура калібрування, яка гарантує, що прилади відповідають найсуворішим вимогам, що відображаються в системах управління якістю комбінованих теплоелектроцентралей.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	Fasterholt Maskinfabrik A/S Ejstrupvej 22 DK-7330 Brande www.fasterholt.dk	Причепи для перевезення круглих та квадратних тюків.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	Faust ApS Vester Fjordvej 2 DK-9280 Storvorde www.faust.dk	Faust проєктує та виробляє котли на соломі з ручною та автоматичною подачею та котли на трісці від 140 кВт до 2,5 MWt.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	Justsen Energiteknik A/S Grimhøjvej 11 DK-8220 Brabrand www.justsen.dk	Компанія Justsen Energiteknik A/S, заснована в 1959 році, є оригінальним виробником обладнання, що спеціалізується на котельних системах, що працюють на біомасі. Рухомі решітки з водяним охолодженням є ключовим елементом котельних систем Justsen. Комплект поставки, як правило, охоплює всі деталі під тиском, обладнання та всі невід'ємні частини/компоненти системи.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	KF Halmfyr Hjulmagervej 12-16 DK-9490 Pandrup www.kfhalmfyr.dk	KF Halmfyr виробляє котли періодичної дії на соломі, випробувані Данським технологічним інститутом. Котли пристосовані до потреб індивідуального замовника і встановлюються зовні як окрема будівля.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНИЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
 KINETIC BIOFUEL BOOSTING SUSTAINABILITY	Kinetic Biofuel Solbjergvej 19 DK-9574 Bælum www.cfnielsen.com	Технологія попередньої обробки сільськогосподарських лігноцелюлозних рослинних залишків, таких як солом зернових, що дозволяє спільну ферментацію з гноєм тварин у біогазовій установці та використання повного теоретичного потенціалу біопалива обох ресурсів біомаси.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
 KVASIR TECHNOLOGIES	Kvasir Technologies Maskinvej 5 DK-2860 Søborg www.kvasirtechnologies.com	Компанія Kvasir Technologies має власну технологію перетворення соломи (та іншої целюлозної біомаси) у мазут. Процес простий, дешевий і дає за один крок паливо, призначене для використання в морських умовах. Пілотні дослідження тривають, і мета – розпочати будівництво комерційного заводу в 2023 році.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	Danish Agriculture & Food Council Axeltorv, Axeltorv 3 DK-1609 Copenhagen V www.lf.dk	Організація, метою якої є вирішення спільних завдань та захист ділових інтересів фермерів та харчових компаній, включаючи виробництво. Використання біомаси для біоенергетики та кругової біоекономіки.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	Lekea – Dan Trim Højvejen 18 DK-8860 Ulstrup www.lekea.dk	Розробник та виробник котла з ручною подачею для спалювання соломи. Солом'яні котли від 48 кВт до 130 кВт для опалення в сільському господарстві та промисловості.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ		●	
	Linka Energy A/S Nylandsvej 38, DK-6940 Lem St. www.linka.dk	Розробка, виробництво, монтаж та обслуговування повністю автоматизованих установок на біомасі для виробництва теплової енергії або пари. Системи, що працюють на соломі, налаштовані та розроблені для досягнення максимально можливої ефективності, при цьому максимально використовуючи паливо. Компанія пропонує котли потужністю від 100 до 15000 кВт з різними системами подачі палива.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	MASH Energy ApS Fruebjergvej 3 DK-2100 København Ø www.mash-energy.com	Рішення газогенератора MASH забезпечує високоефективне, модульне та економічно вигідне виробництво енергії із гранул соломи. Крім того, залежно від вимог замовника, процес може бути налаштований на отримання підвищеного виходу високоцінного біовуглецю для внесення у ґрунт або активованого вугілля для використання у очищенні води та газу.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		●
	ParkLand Maskinfabrik A/S Vejlemosevej 14 DK-4160 Herlufmagle www.parkland.dk	Виробництво причепів для перевезення тюків соломи, які закріплюються за великими прес-підбирачами для швидкого та ефективного збору великих тюків у полі. Також причепа можуть бути обладнані вагами для зважування тюків.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНІЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
	PlanEnergi Jyllandsgade 1 DK-9520 Skørping www.planenergi.dk	PlanEnergi – незалежна консультативна компанія, організована як некомерційний фонд. Мають знання про збирання врожаю, попередню обробку та використання соломи для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, опалення та анаеробного зброджування.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	POMI Industri ApS Abildvadvej 5 DK-9610 Nørager www.pomi.dk	Виробляє: Прицеп для збору тюків, який можна закріпити за великими прес-підбирачами для швидкого та ефективного збору в полі. Укладальник тюків, який дозволяє збирати та складати з одним і тим же причепом. Пакування для великих тюків 5, 7 і 12 в кожній купі.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	Processbio A/S Fiskerhusvej 20 DK-4700 Naestved www.processbio.com	Processbio постачає промислові системи поводження для великих квадратних тюків соломи, в т.ч. мостові крани, вологоміри, комп'ютеризоване програмне забезпечення управління складом, повністю автоматизовані системи розвантаження вантажних автомобілів, системи подачі з подрібненням тюків, нахилом та розподілом, а також зняттям шпегату з тюка. Потужності від 1 т/год до 75 т/год.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●		
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	REKA A/S Vestvej 7 DK-9600 Aars www.reka.com	Виробляє повністю автоматичні котельні установки потужністю 10-6500 кВт для більшості видів твердого палива (біопалива), таких як солома, тріска, гранули, деревна тріска, тирса, вугілля, зерно та лушпиння. Розроблено ланцюговий бункер для сипучої соломи та електрофільтр для очищення диму після спалювання соломи.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	Scanboiler Varmeteknik Vangvedvænget 1 DK-8600 Silkeborg www.scanboiler.dk	Спеціалізується на продажах та проектуванні біопаливних установок для деревних гранул, деревної тріски, деревини з котлами потужністю 10,5-1000 кВт. Scanboiler також продає сонячні та геотермальні енергетичні системи.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●	●	●
	SEGES Agro Food Park 15 DK-8200 Aarhus N www.seges.dk/en	SEGES має широкі знання з виробництва соломи та того, як оптимізувати вихід біомаси та конкретні цільові програми з перевірки якості. SEGES може через дорадчі компанії, що належать фермерам, ефективно впроваджувати нові методи виробництва. Інструмент скринінгу біомаси SEGES може кількісно визначити кількість соломи, доступної у певній географічній області, що представляє інтерес.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	Stratek ApS Bragesvej 11 DK-8660 Skanderborg www.stratek.com	Stratek спеціалізується на підготовці та переробці соломи для будь-якого промислового застосування: гранулювання, брикетування, пресування та виготовлення кормів TMR тощо. Системи на замовлення будь-якої потужності та для будь-яких розмірів продукту. Перелік продуктів містить конвеєри для тюків, подрібнювачі, техніку для розтюкування та зняття шпегату, системи дозування, знепилювання, стрічкові сушарки, машини для тюкування та упаковки в мішки.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНИЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
 Supertech Agroline	Supertech Agroline ApS Maltgørervej 7 DK-5471 Sønderød www.supertechagroline.com	Розробили та виготовляють портативне обладнання для вимірювання вологості (8,5-80%) та температури у сіні, соломі та силосі.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●	●	
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE	Danish Technological Institute (DTI) Agro Food Park 15 DK-8200 Aarhus N www.teknologisk.dk	DTI має понад 20 років досвіду у всіх аспектах виробництва та використання соломи. Надають послуги данським та міжнародним компаніям щодо оптимізації врожаю та якості соломи, машин та технологій, логістики, попередньої обробки, енергетичного перетворення, включаючи спалювання, анаеробну ферментацію, біологічну переробку в нові продукти, а також оптимізацію економічних показників.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
 VERDO	Verdo Agerskøllet 7 DK-8920 Randers NV www.verdo.com	Компанія Verdo має понад 100-річний досвід у галузі виробництва енергії, консультування, розробки та обслуговування енергетичних рішень під ключ. Сьогодні є одним з провідних постачальників високоефективних теплових станцій, що працюють на біомасі (солома, тріска, гранули або відходи) потужністю від 1 до 20 МВт для виробництва теплової енергії та пари.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●	●	●
 UNIVERSITY OF COPENHAGEN	University of Copenhagen - Dept. of Geosciences and Natural Resource Management (IGN) Rolighedsvej 23 DK-1958 Frederiksberg C www.ign.ku.dk	IGN працює в сфері біоенергетики, що включає визначення характеристик палива, аналіз калорійності та золи, повторне використання поживних речовин із золи, перетворення на рідке паливо та питання сталості.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
 AARHUS UNIVERSITET	Aarhus University Dept. of Engineering Research Centre Foulum Blichers Alle 20 DK-8830 Tjele Denmark www.eng.au.dk/en	Використання соломи є областю досліджень в Орхуському університеті. Університет реалізував проекти, орієнтовані на розробку нової технології котлів для соломи та біомаси. Ключовими задачами стали підвищення енергоефективності, низький рівень викидів та зменшення впливу на навколишнє середовище. Логістика та оптимізація ланцюгів поставок також є основними напрямками.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
 TRUTNOV Step	CZECH REPUBLIC Step TRUTNOV a.s. Na příkopě 1047/17 110 00 Praha 1 www.steptrutnov.cz	Step TRUTNOV a.s. пропонує найновіші досягнення в розробці котлів на біомасі з акцентом на економічну привабливість та найкращі екологічні показники. Виробництво електроенергії з біомаси представляє привабливу з точки зору економії технологію комбінованого виробництва теплової енергії та електроенергії.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●	●	
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●	●	
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●	●	
 tts boilers	CZECH REPUBLIC TTS eko s.r.o. Průmyslová 163 674 01 Třebíč https://www.ttsboilers.cz	Розробка та будівництво котла для спалювання соломи типу ВЕСКО-С. Він виробляється в діапазоні потужностей від 2 до 5 МВт та дозволяє спалювати квадратні тюки соломи (зернові культури, ріпак, сіно, льон, шавель тощо). Перший котел VESKO-S був введений в експлуатацію восени 2006 року в Тřebчі.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНИЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
	LITHUANIA Atenergy Verslininku str. 11A, Juodeliai Sirvintos regiona, Lithuania, LT-19131 www.strawcomfort.com	Atenergy є одним з найбільших виробників гранул з соломи в Прибалтиці. Наш бренд Strawcomfort пропонує стандартні (8 або 10 мм) с гранули та подрібнені гранули, що використовуються для підстилки тварин. Усю сировину збираємо самі, а гранули 100% натуральні, без будь-яких домішок і надзвичайно високої якості.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА		●	
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА		●	
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	ROMANIA Erpek IND Ltd. 527035 Bodoc 14/A Jud. Covasna www.biosistem.ro	Компанія має багаторічний досвід у технічній галузі, спираючись на проектування та виготовлення за власною концепцією: 1. Хлібопекарські печі та інші аксесуари у цій галузі. 2. Автоматизовані теплові станції на біомасі на основі відходів біомаси та гранул.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	UKRAINE Briquetting technologies 13306, Ukraine, Zhytomyr region, Berdychiv, st. Semeno- vskaya, 116 www.briq-tech.com	ПП «Брикетуючі технології» розробляє та виробляє продукцію для брикетування та гранулювання соломи: ударно-механічні преси, гранулятори, аеродинамічні сушарки та подрібнювачі тюків соломи. Ми збираємо лінії для брикетування та гранулювання продуктивністю від 350 кг/год до 1200 кг/год.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА	●		
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			
	UKRAINE Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine 2a, Marii Kapnist Str. Kyiv, 03057 Ukraine www.ittf.kiev.ua	Інститут технічної теплофізики НАН України працює в галузі виробництва теплової енергії та виконує роботи для промисловості та агропромислового сектору. Важливими напрямками наукової діяльності є дослідження технологій згоряння різних типів біомаси, включаючи солом, в котлах малої та середньої потужності; дослідження технології швидкого абляційного піролізу біомаси та технологій виробництва біогазу.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	UKRAINE SEC Biomass 03067, Ukraine, Kyiv-67, p/o 66 www.biomass.kiev.ua	ТОВ «Науково-технічний центр «Біомаса» (НТЦБ) надає консультації, виконує дослідницькі, аналітичні та інженерні роботи у таких сферах: біоенергетичні технології, законодавство в сфері біоенергетики, потенціал біомаси, централізоване теплопостачання на основі біомаси, енергоефективність.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			●
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			●
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	UKRAINE ZAVOD KOBZARENKO, LTD Ukraine, 42500, Sumy region, Lypova Dolyna, Rusanivska street, 17 www.kobzarenko.com.ua	Виробництво та продаж обладнання для тюкування, транспортування, зберігання та опалення соломом: Причіп для квадратних тюків ПТ-16 КВАДРО, самозавантажувальні причеми для круглих тюків, причеми на платформі, прес-підбирачі, захоплювач тюків, обгортка для круглих тюків, агроволокно для покриття та якісного зберігання соломи та теплогенератори на соломі.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА	●	●	
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ		●	
	FRANCE COMPTE.R 4 Industry Street Arlanc, 63220 www.compte-r.com	COMPTE.R, виробник котлів на біомасі, протягом багатьох років розвивав реальні навички в галузі спалювання агропалива (солома, стрижні кукурудзи, відходи від вирощування винограду). COMPTE.R пропонує високоефективні рішення з низькими викидами NOx для використання енергії з побічної продукції сільського господарства.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		

ЛОГОТИП	КОНТАКТИ	ОПИС	ГАЛУЗІ ЗНАНЬ	ВИРОБНИК/ ПОСТАЧАЛЬНИК ОБЛАДНАННЯ	ВИРОБНИК, ОПЕРАТОР ТА КІНЦЕВИЙ СПОЖИВАЧ	ІНШЕ (КОНСУЛЬТАЦІЇ, ДОСЛІДНИЦЬКІ АСОЦІАЦІЇ, ТОЩО)
	ITALY Biofact www.biofact.eu	BIOFACT – це інженерна компанія, яка фокусується на кількісному прогнозуванні проблем, пов'язаних з золою (шлакування, забруднення, корозія) на установках для спалювання. BIOFACT може допомогти виробникам котлів та операторам установок на соломі прогнозувати ступінь зашлакованості, забруднення та корозії для конкретного палива на кожній енергетичній установці. Жодне паливо не буває однаковим: зола залежить від виду, клімату та складу ґрунту, внесення добрив та збирання палива.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●
	AUSTRIA GILLES Energie- und Umwelt- technik GmbH & Co KG Koaserbauerstrasse 16, 4810 Gmunden www.gilles.at	GILLES є одним із піонерів у галузі відновлюваної енергетики. За останні 28 років компанія розробила технології потужністю від 12,5 до 2500 кВт. Повністю автоматичні системи опалення на біомасі є одними з найбезпечніших та найнадійніших в Європі.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ	●		
	AUSTRIA Polytechnik Luft- und Feu- erungstechnik Hainfelderstr. 69 2564 Weissenbach (NÖ) biomass.polytechnik.com	Провідний світовий постачальник передових технологій отримання енергії із біомаси, рішення для спалювання, установки для виробництва теплової/електричної енергії та карбонізації. Ми можемо надати споживачам найсучасніші технології використання біомаси для виробництва енергії. Polytechnik, маючи установки для понад 150 видів палива на біомасі та понад 55 років досвіду, є експертом у виробництві енергії з відновлюваної біомаси.	ВИРОБНИЦТВО, ЗБИРАННЯ ТА ЛОГІСТИКА			
			ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА			
			ПЕРЕТВОРЕННЯ			●

Консорціум проекту AgroBioHeat

 CERTH CENTRE FOR RESEARCH & TECHNOLOGY HELLAS	CERTH – один з провідних дослідницьких центрів Греції. Серед напрямків роботи є діяльність у галузі відновлюваних джерел енергії, виробництва та використання твердого біопалива, енергозбереження та охорони навколишнього середовища. www.certh.gr
	AVEBIOM – це Іспанська Біоенергетична Асоціація, яка представляє всі компанії з усього ланцюжка постачання біоенергетики в Іспанії. www.avebiom.org
	BIOS - це австрійська науково-дослідна та інженерна компанія з більш ніж 20-річним досвідом у галузі використання енергетичної біомаси. www.bios-bioenergy.at
	Bioenergy Europe (раніше відома як AEBIOM) – голос європейської біоенергетики. Він спрямований на розвиток сталого ринку біоенергетики на основі справедливих умов ведення бізнесу. www.bioenergyeurope.org

Консорціум проекту AgroBioHeat



Food & Bio Cluster
Denmark

Food & Bio Cluster Denmark – це національний кластер продуктів харчування та біоресурсів Данії. Ми сприяємо посиленню співпраці між дослідженнями та бізнесом та пропонуємо своїм членам єдиний доступ до мереж, фінансування, розвитку бізнесу, проєктів, обладнання та пропонуємо різні консультаційні послуги.
www.foodbiocluster.dk



CIRCE – технологічний центр, що заснований в Іспанії в 1993 році, прагне запропонувати інноваційні рішення в галузі енергетики для сталого розвитку.
www.fcirce.es



PASEGES – це громадська некомерційна організація, створена в 2005 році в Афінах Панхеллінською конфедерацією спілок сільськогосподарських кооперативів (PASEGES).
www.neapaseges.gr



Кооператив «Зелена енергія» (ZEZ) був створений у 2013 році в рамках проєкту «Розвиток енергетичних кооперативів у Хорватії», який реалізується Програмою розвитку ООН (ПРООН) у Хорватії.
www.zez.coop



GREEN CLUSTER – основною метою кластеру є розвиток сектора біоенергетики в Румунії та підвищення інтересу до виробництва та використання біомаси.
www.greencluster.ro



Біоенергетична Асоціація України (БАУ) була створена в 2013 році як громадська організація. Метою діяльності Асоціації є створення спільної платформи для співпраці на ринку біоенергетики України.
www.uabio.org



AILE працює над відновлюваними джерелами енергії та економією енергії в сільському господарстві та сільській місцевості Західної Франції.
www.aile.asso.fr



White Research – це соціальне дослідницьке та консалтингове підприємство, що спеціалізується на дослідженні поведінки споживачів, аналізі ринку та управлінні інноваціями, базується в Брюсселі.
www.white-research.eu



Agronergy – французька енергосервісна компанія (постачальник енергетичних послуг), що фокусується на відновлюваному опаленні.
www.agronergy.fr



**Данський приклад
показує, що спалювання
соломи є життєздатним
рішенням для вуглецево-
нейтрального виробництва
теплової та електричної
енергії.**



Публікація

Дана публікація від Food & Bio Cluster Denmark, присвячена питанням використання соломи для енергетичних потреб в Данії, представляє огляд технологій, стратегій та інноваційних рішень, які можуть бути корисними для країн, що мають надлишок соломи, який недостатньо використовується.

Публікація також включає перелік компаній і організацій, що мають досвід використання технологій, задіяних у ланцюжку постачання соломи для енергетичних потреб.

Публікація підготовлена в рамках проєкту AgroBioHeat, який фінансується програмою ЄС Горизонт 2020. Проєкт сприяє впровадженню економічно та екологічно сталих технічних рішень для виробництва теплової енергії з агробіомаси в Європі.

Про Food & Bio Cluster Denmark

Food & Bio Cluster Denmark – національний кластер продуктів харчування та біоресурсів Данії. Являє собою колективну платформу для інновацій та розвитку в рамках кластеру, доступну як для данських, так і для міжнародних компаній і експертних організацій. Сприяє активному співробітництву між дослідниками та бізнесом, надає членам кластеру зручний доступ до мереж організацій, фінансування, розвитку бізнесу, проєктів, обладнання, а також пропонує різноманітні консультаційні послуги.

Додаткову інформацію можна знайти на сайті www.foodbiocluster.dk.

Про Біоенергетичну асоціацію України

Біоенергетична асоціація України (БАУ) об'єднує бізнес та експертів з метою сприяння сталому розвитку біоенергетики в Україні. БАУ лобює і бере активну участь у розробці законодавства, державних та галузевих стандартів і норм, планів дій та енергетичних стратегій для забезпечення сталого росту біоенергетичного сектору країни. Асоціація надає експертну, консультаційну, методичну та інформаційну допомогу своїм членам.

Додаткову інформацію можна знайти на сайті www.uabio.org.

